

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Đo lường kỹ thuật lạnh

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

Th.S TRẦN VĂN LỊCH *(Chủ biên)*

GIÁO TRÌNH
ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT LẠNH

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chủ biên

ThS. TRẦN VĂN LỊCH

Tham gia biên soạn

KS. NGUYỄN THỊ HOA

KS. ĐINH HUY HOÀNG

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: "Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp *công nghiệp hóa, hiện đại hóa*, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững".

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCN Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCN ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đông đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm "50 năm giải phóng Thủ đô", "50 năm thành lập ngành" và hướng tới kỷ niệm "1000 năm Thăng Long - Hà Nội".

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo đội ngũ kỹ thuật viên và công nhân viên kỹ thuật lành nghề ở các lĩnh vực Điện - Điện tử - Cơ khí - Điện lạnh là một sự cố gắng lớn của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội... Với mục đích nâng cao chất lượng đào tạo cán bộ kỹ thuật và công nhân kỹ thuật ngành Máy lạnh - Điều hoà không khí chúng tôi đã tiến hành biên soạn cuốn giáo trình "Đo lường kỹ thuật lạnh".

Giáo trình gồm 5 chương, chia làm 2 phần:

Phần I: DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Chương 1: Những khái niệm cơ bản về dung sai và kích thước.

Chương 2: Lắp ghép và hệ thống dung sai.

Phần II: KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Chương 3: Đo lường kích thước.

Chương 4: Đo lường điện.

Chương 5: Đo lường nhiệt.

Giáo trình nhằm trang bị cho học sinh kiến thức cơ bản về đo lường nhiệt, đo lường điện, đo lường kích thước và dung sai lắp ghép thuộc hệ thống đo lường nhà nước trong quá trình sửa chữa, lắp đặt thiết bị và thiết bị Điều hoà không khí.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung đã được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới, tiếp thu tiến bộ khoa học giúp cho học sinh sau khi ra trường mau chóng hoà nhập với môi trường sản xuất. Giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề của mình.

Tuy tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc tái bản lần sau có chất lượng tốt hơn.

Xin trân trọng cảm ơn!

CÁC TÁC GIẢ

Bài mở đầu

ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU MÔN HỌC

1. Đối tượng của môn học

Đo lường kỹ thuật lạnh là môn học phục vụ cho các đối tượng là công nhân viên và kỹ thuật viên ngành Điều hoà không khí. Ngoài ra giáo trình này cũng rất bổ ích với đội ngũ kỹ thuật viên và các công nhân viên ngành kỹ thuật đang công tác để tham khảo, nâng cao kiến thức và tay nghề của mình.

2. Nội dung của môn học

Giáo trình gồm 5 chương, được chia làm hai phần:

Phần I: DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Chương 1: Những khái niệm cơ bản về dung sai và kích thước.

Chương 2: Lắp ghép và hệ thống dung sai.

Phần II: KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Chương 3: Đo lường kích thước.

Chương 4: Đo lường điện.

Chương 5: Đo lường nhiệt.

Giáo trình nhằm trang bị cho học sinh kiến thức cơ bản về dung sai lắp ghép đo lường kích thước, đo lường điện, đo lường nhiệt thuộc hệ thống đo lường nhà nước trong quá trình sửa chữa, lắp đặt thiết bị lạnh.

Giáo trình cũng nhằm trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản về cấu tạo và nguyên lý làm việc của các thiết bị dụng cụ đo lường thông dụng.

3. Phương pháp nghiên cứu môn học

Để có thể nghiên cứu môn học "Đo lường kỹ thuật lạnh" người học phải nắm chắc các môn học cơ sở như: Cơ kỹ thuật, Nhiệt kỹ thuật, Kỹ thuật điện cơ sở.

Trong phần I "Dung sai và lắp ghép", để thu được kết quả tốt cần phải chú ý nghiên cứu các bảng biểu và các hình vẽ cùng các ví dụ tính toán minh hoạ đã cho trong nội dung của giáo trình nhằm gắn liền các kiến thức lý thuyết với thực tế sản xuất, hiểu các khái niệm cơ bản về dung sai và lắp ghép trong hệ thống đo lường nhà nước.

Trong phần II "Kỹ thuật đo lường", đòi hỏi người học phải kết hợp giữa học tập lý thuyết với thực hành để nắm chắc được cấu tạo, nguyên lý làm việc và phương pháp đo của từng loại dụng cụ. Trên cơ sở đó người học biết cách đọc và xử lý kết quả đo, biết lựa chọn những dụng cụ phù hợp với yêu cầu công việc cụ thể trong quá trình sửa chữa, lắp đặt và vận hành thiết bị máy lạnh và điều hoà không khí.

Phần I

DUNG SAI VÀ LẮP GHÉP

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DUNG SAI VÀ KÍCH THƯỚC

Mục tiêu

Nắm được định nghĩa các loại kích thước, các loại sai lệch, dung sai và các loại sai số chủ yếu trong gia công cơ khí.

Nội dung tóm tắt

- Khái niệm về tính lắp lẫn trong chế tạo máy.
- Kích thước và sai lệch.
- Dung sai.
- Những sai số trong gia công.

I. KHÁI NIỆM VỀ TÍNH LẮP LẪN TRONG CHẾ TẠO MÁY

1. Bản chất của tính lắp lẫn

Máy do nhiều bộ phận hợp thành, mỗi bộ phận do nhiều chi tiết lắp ghép lại với nhau. Trong việc chế tạo cũng như sửa chữa máy, con người mong muốn các chi tiết cùng loại có khả năng thay lắp cho nhau, có nghĩa là khi thay thế nhau không cần lựa chọn và sửa chữa gì thêm mà vẫn đảm bảo được yêu cầu kỹ thuật của mối ghép. Tính chất đó của chi tiết gọi là tính lắp lẫn.

Trong một loại chi tiết cùng loại, nếu các chi tiết đều có thể thay lắp được cho nhau thì loạt đó đạt được tính lắp lẫn hoàn toàn. Nếu một số trong các chi

tiết ấy không có tính lắp lẫn thì loạt đó chỉ đạt được tính lắp lẫn không hoàn toàn. Các chi tiết có tính lắp lẫn phải giống nhau hoặc chỉ được khác nhau trong một phạm vi cho phép, phạm vi đó gọi là dung sai. Như vậy, dung sai là yếu tố quyết định tính lắp lẫn hoàn toàn hay lắp lẫn không hoàn toàn, lắp lẫn hoàn toàn đòi hỏi chi tiết phải có độ chính xác cao do đó giá trị sản phẩm cũng cao. Đối với các chi tiết dự trữ, người ta thường dùng phương pháp lắp lẫn hoàn toàn. Lắp lẫn không hoàn toàn cho phép chế tạo với phạm vi dung sai lớn và thường dùng đối với công việc lắp ghép trong nội bộ xưởng.

2. Ý nghĩa thực tiễn của tính lắp lẫn

Tính lắp lẫn của chi tiết có vai trò quan trọng trong chế tạo máy.

Các chi tiết máy đạt được tính lắp lẫn thì trong quá trình sử dụng máy sẽ có nhiều lợi ích.

Nếu thay thế chi tiết máy bị hỏng bằng một chi tiết dự trữ cùng loại thì máy có thể làm việc được ngay, như vậy, vừa hạn chế được thời gian máy ngừng làm việc, vừa tận dụng được khả năng sản xuất của nó.

Về mặt sản xuất, nếu các chi tiết được thiết kế và chế tạo trên cơ sở tính lắp lẫn, tức là với dung sai kích thước quy định rõ ràng thì các nhà máy có thể sản xuất được các chi tiết lắp lẫn với nhau, tạo điều kiện hợp tác sản xuất giữa các xí nghiệp, dễ dàng thực hiện hợp tác hoá và chuyên môn hoá, tạo điều kiện để áp dụng kỹ thuật tiên tiến, tổ chức sản xuất hợp lý, nâng cao năng suất và chất lượng, hạ giá thành sản phẩm.

Như vậy tính lắp lẫn của chi tiết có ý nghĩa rất lớn về kinh tế và kỹ thuật.

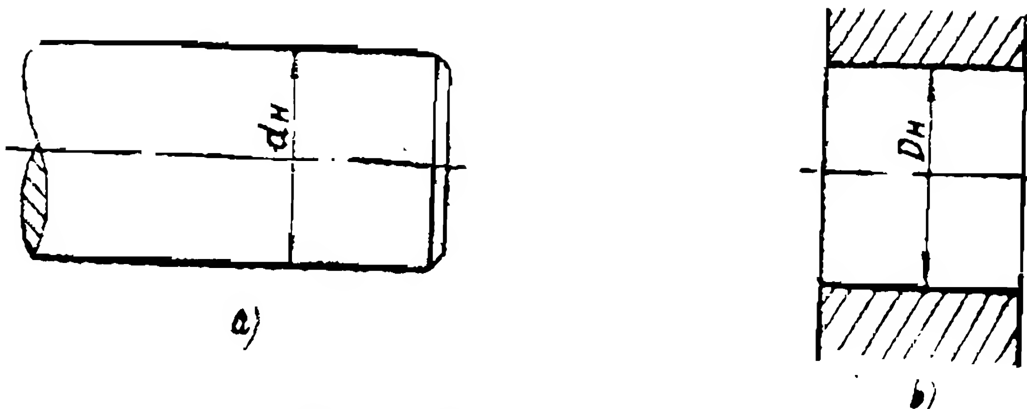
II. KÍCH THƯỚC VÀ SAI LỆCH

1. Kích thước danh nghĩa

Kích thước danh nghĩa là kích thước cơ bản được xác định dựa vào chức năng của chi tiết, sau đó chọn đúng với trị số gần nhất của kích thước có trong bảng tiêu chuẩn. Thí dụ khi tính toán ta xác định được kích thước của chi tiết là 35,785 đối chiếu với bảng tiêu chuẩn ta chọn lấy 36mm, kích thước 36mm vừa chọn là kích thước danh nghĩa của chi tiết. Từ kích thước cơ bản này, tính toán được độ sai lệch của chi tiết. Kích thước danh nghĩa được kí hiệu là:

d_H: Kích thước danh nghĩa của chi tiết trục (hình 1.1a).

D_H: Kích thước danh nghĩa của chi tiết lỗ (hình 1.1b).



Hình 1.1: Kích thước danh nghĩa

2. Kích thước thực

Kích thước thực là kích thước đo được trực tiếp trên chi tiết gia công bằng những dụng cụ đo và phương pháp đo chính xác nhất mà kỹ thuật đo có thể đạt được.

Kích thước thực được kí hiệu như sau:

d_t: Kích thước thực của chi tiết trục.

D_t: Kích thước thực của chi tiết lỗ.

Khi gia công kích thước thực không thể đạt được hoàn toàn đúng như kích thước danh nghĩa. Độ sai của kích thước thực so với kích thước thiết kế phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Độ chính xác của máy, dao, dụng cụ gá lắp, dụng cụ đo kiểm trình độ tay nghề của người thợ v.v. Trong thực tế không đòi hỏi kích thước phải hoàn toàn đúng như kích thước danh nghĩa. Độ sai cho phép của kích thước so với kích thước danh nghĩa phụ thuộc vào mức độ chính xác yêu cầu và tính chất lắp ghép của các chi tiết.

3. Kích thước giới hạn

Khi gia công bất kỳ một kích thước của chi tiết nào đó ta cần phải quy định một phạm vi cho phép của sai số chế tạo kích thước đó. Phạm vi cho phép ấy được giới hạn bởi hai kích thước quy định gọi là kích thước giới hạn. Kích thước giới hạn lớn nhất được kí hiệu là:

d_{max}: Kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết trục.

D_{max}: Kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết lỗ.

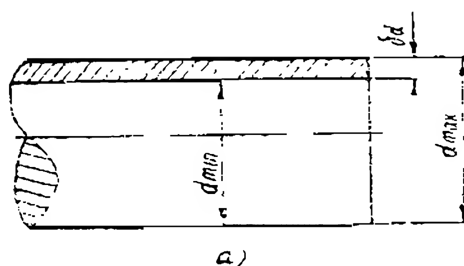
Kích thước giới hạn nhỏ nhất được kí hiệu là:

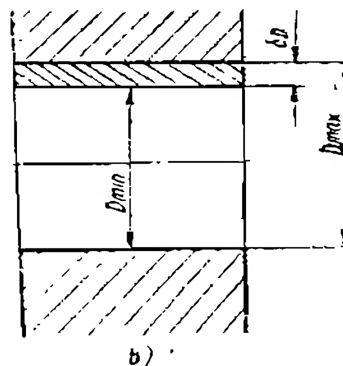
d_{min}: Kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết trục.

D_{min}: Kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết lỗ.

Kích thước giới hạn là hai kích thước lớn nhất và nhỏ nhất mà kích thước thực của các chi tiết đạt yêu cầu nằm trong phạm vi đó.

Như vậy chi tiết đạt yêu cầu, kích thước thực của nó thoả mãn điều kiện sau: $d_{max} \geq d_t \geq d_{min}$; $D_{max} \geq D_t \geq D_{min}$.





Hình 1.2: Kích thước giới hạn

4. Sai lệch giới hạn

Độ sai giữa kích thước giới hạn so với kích thước danh nghĩa gọi là sai lệch giới hạn.

Sai lệch giới hạn trên là hiệu số đại số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước danh nghĩa, kí hiệu là: $es = d_{max} - d_H$

$$ES = D_{max} - D_H$$

es: là sai lệch giới hạn trên của chi tiết trục.

ES: là sai lệch giới hạn trên của chi tiết lỗ.

Sai lệch giới hạn dưới là hiệu số đại số giữa kích thước giới hạn nhỏ nhất và kích thước danh nghĩa, kí hiệu là: $ei = d_{min} - d_H$

$$EI = D_{min} - D_H$$

ei: là sai lệch giới hạn dưới của chi tiết trục.

EI: là sai lệch giới hạn dưới của chi tiết lỗ.

III. DUNG SAI

Khi gia công, kích thước thực được ghép sai khác so với kích thước danh nghĩa trong phạm vi giữa hai kích thước giới hạn, phạm vi sai cho phép đó của chi tiết gọi là dung sai.

Như vậy, dung sai của kích thước là hiệu số giữa kích thước giới hạn lớn nhất và kích thước giới hạn nhỏ nhất. Dung sai được kí hiệu là T và được tính theo công thức sau:

Dung sai của chi tiết trục: $T_d = d_{max} - d_{min}$

Dung sai của chi tiết lỗ : $T_D = D_{max} - D_{min}$

Cần chú ý rằng, kích thước giới hạn lớn nhất bao giờ cũng lớn hơn kích thước giới hạn nhỏ nhất. Vì thế dung sai bao giờ cũng có giá trị dương.

Trị số dung sai lớn, độ chính xác chi tiết thấp, ngược lại trị số dung sai nhỏ, độ chính xác chi tiết cao. Từ các công thức sai lệch giới hạn trên và sai lệch giới hạn dưới ta tính được dung sai của chi tiết:

$T_d = es - ei$

$T_D = ES - EI$

Như vậy, dung sai là hiệu số giữa sai lệch giới hạn trên và sai lệch giới hạn dưới.

Các thí dụ:

Thí dụ 1: Gia công chi tiết trục có kích thước giới hạn lớn nhất $d_{max} = 30{,}025$ mm, kích thước giới hạn nhỏ nhất $d_{min} = 30$mm. Tính dung sai của chi tiết:

Nếu người thợ gia công chi tiết đó với các kích thước d = 30,015mm thì chi tiết có đạt yêu cầu không?

Bài giải:

Trị số dung sai của chi tiết tính theo công thức:

$T_d = d_{max} - d_{min} = 30{,}025 - 30 = 0{,}025$mm

Chi tiết gia công có kích thước d = 30,015mm, đây là kích thước thực của chi tiết, ta biết chi tiết đạt yêu cầu khi thoả mãn điều kiện: $d_{max} \geq d_t \geq d_{min}$.

Ở đây $30{,}025 \geq 30{,}015 \geq 30$.

Vậy chi tiết đạt yêu cầu về kích thước.

Thí dụ 2:

Gia công chi tiết lỗ có kích thước danh nghĩa $D_H = 50$mm, kích thước giới hạn lớn nhất $D_{max} = 50{,}050$mm, kích thước giới hạn nhỏ nhất $D_{min} = 50{,}030$mm.

Tính dung sai của chi tiết?

Nếu người thợ gia công đạt kích thước 50,00mm, cho biết kích thước đạt yêu cầu không?

Bài giải:

Dung sai của chi tiết tính theo công thức:

$T_D = D_{max} - D_{min} = 50{,}050 - 50{,}030 = 0{,}020$mm.

Kích thước gia công đạt 50,00mm là kích thước thực. Ở đây $D_t = 50{,}00 < D_{min} = 50{,}030$mm.

Vậy chi tiết không đạt yêu cầu về kích thước.

Thí dụ 3:

Gia công chi tiết trục có đường kính danh nghĩa là 50mm, kích thước giới hạn lớn nhất d_{max} = 50,055mm, kích thước giới hạn nhỏ nhất d_{min} = 49,985 mm. Tính trị số sai lệch giới hạn trên, sai lệch giới hạn dưới và dung sai của trục.

Bài giải:

Theo công thức ta có sai lệch giới hạn trên:

$es = d_{max} - d_H - 50{,}055 - 50 = 0{,}055mm$

Sai lệch giới hạn dưới:

$ei = d_{min} - d_H = 49{,}985 - 50 = -0{,}015mm$

Dung sai của trục:

$T_d = es - ei = 0{,}055 - (-0{,}015) = 0{,}070mm$

Chú ý: Trên bản vẽ thường không ghi kích thước giới hạn lớn nhất, kích thước giới hạn nhỏ nhất mà ghi kích thước danh nghĩa và các sai lệch giới hạn. Trong thí dụ trên, kích thước gia công của trục được ghi trên bản vẽ là: $50^{+0,055}_{0,015}$

Như thế nghĩa là:

- Kích thước danh nghĩa 50mm.
- Sai lệch giới hạn trên +0,055mm.
- Sai lệch giới hạn dưới - 0,015mm.

Một thí dụ tính kích thước giới hạn, dung sai và đánh giá kết quả:

Kích thước mm	Kích thước giới hạn $d_{max} = d_H + es$ $d_{min} = d_H + ei$	Dung sai $T_d = es - ei$	Kích thước thực	Đánh giá kết quả
$30^{+0,04}_{+0,01}$	d_{max} =30,04mm d_{min} = 30,01mm	T_d = 0,03mm	30,025mm	Đạt
$30^{+0,03}_{0,01}$	d_{max} =30,02mm d_{min} = 29,99mm	T_d = 0,03mm	29,992mm	Đạt
$30^{+0,007}$	d_{max} =30,007mm d_{min} = 29,993mm	T_d = 0,014mm	29,992mm	Không đạt
$30^{+0,045}$	d_{max} =30,045mm d_{min} = 30,0mm	T_d = 0,045mm	30,045mm	Đạt
$30^{0}_{-0,05}$	d_{max} =30,0mm d_{min} = 29,95mm	T_d = 0,05mm	30,001mm	Không đạt
$30^{0,02}_{-0,04}$	d_{max} =29,98mm d_{min} = 29,96mm	T_d = 0,02mm	30,0mm	Không đạt

IV. NHỮNG SAI SỐ TRONG GIA CÔNG

Sau khi gia công, các chi tiết có thể đạt được những mức độ khác nhau, các yếu tố hình học so với bản thiết kế đề ra và mức độ khác nhau đó gọi là độ chính xác gia công.

Độ chính xác gia công của mỗi chi tiết bao gồm những yếu tố sau:

- Độ chính xác về kích thước.
- Độ chính xác về hình dáng hình học và vị trí tương quan giữa các bề mặt.
- Độ nhẵn bề mặt.
- Độ chính xác gia công đạt được có thể khác nhau, chi tiết sản xuất có thể khác với mong muốn hoặc cùng một yếu tố hình học nhưng ở chi tiết này lại khác với ở chi tiết kia là do có những sai số sinh ra trong quá trình gia công.

1. Nguyên nhân gây sai số trong gia công

Sai số trong gia công do rất nhiều nguyên nhân, ở đây chỉ kể ra một số nguyên nhân chính:

1.1. Độ chính xác của máy, đồ gá và tình trạng của chúng khi mòn

Độ chính xác của máy thấp hoặc khi đã bị mòn sẽ gây ra sai số với các chi tiết gia công trên máy. Thí dụ: Trục chính của máy bị đảo làm cho mặt gia công không tròn, sống trượt không song song với tâm trục chính gây ra độ côn trên chi tiết gia công.

Với đồ gá cũng vậy. Thí dụ trong đồ gá khoan lỗ nếu vị trí các ống dẫn hướng kém chính xác do chế tạo hoặc do bị mòn thì vị trí các lỗ khoan sẽ bị sai lệch.

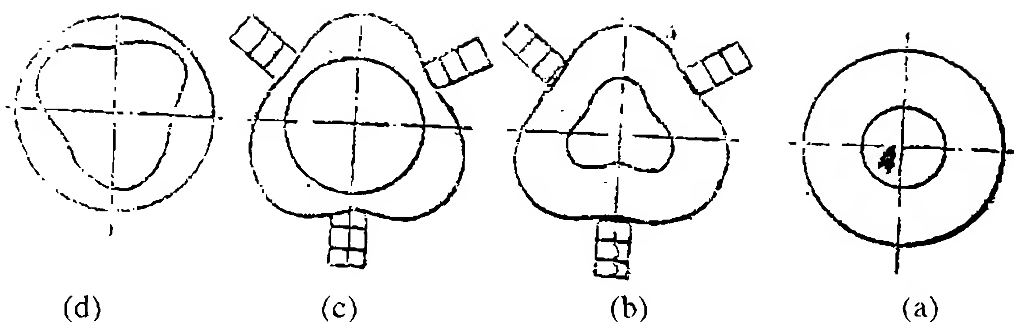
1.2. Độ chính xác của dụng cụ cắt

Những dụng cụ định kích thước như mũi khoan, mũi doa, taro, bàn zen có đường kính sai hoặc dụng cụ bị mòn sẽ ảnh hưởng đến chi tiết gia công làm cho kích thước của chi tiết gia công cũng bị sai.

1.3. Độ cứng vững của hệ thống máy - đồ gá - dao - chi tiết gia công càng kém thì sai số gia công càng lớn

1.4. Biến dạng do kẹp chặt chi tiết

Khi kẹp chặt chi tiết để gia công, chi tiết sẽ biến dạng. Sau khi gia công xong, tháo chi tiết ra, do biến dạng đàn hồi nó sẽ trở lại hình dáng ban đầu làm cho mặt gia công bị sai đi.



Hình 1.3. Biến dạng do kẹp chặt

(a) Phôi để gia công lỗ
(b) Phôi bị kẹp trên máy bị biến dạng
(c) Lỗ sau khi gia công
(d) Sản phẩm tháo ra khỏi máy

1.5. Biến dạng vì nhiệt và ứng suất bên trong

Nhiệt làm cho chi tiết gia công, dụng cụ cắt, dụng cụ đo và các bộ phận máy đều thay đổi kích thước và hình dáng dẫn đến sai lệch của chi tiết gia công.

1.6. Rung động phát sinh trong quá trình cắt

Rung động gây ra sai số gia công và ảnh hưởng lớn đến độ nhẵn bề mặt.

1.7. Do phương pháp đo, dụng cụ đo và những sai số của người thợ gây ra

Phương pháp đo, dụng cụ đo không chuẩn xác và tay nghề của người thợ gia công cũng dẫn đến sai lệch kích thước của chi tiết gia công.

Sai số chịu ảnh hưởng đồng thời của nhiều nguyên nhân phức tạp, cho nên nó muôn hình muôn vẻ. Để ngăn ngừa và hạn chế được những sai số, cần phân biệt được những sai số có thể sinh ra, được các loại sai số và những đặc tính biến thiên của nó.

2. Các loại sai số chủ yếu

2.1. Sai số hệ thống

Sai số hệ thống là những sai số mà trị số của nó không biến đổi hoặc biến đổi theo một quy luật xác định trong suốt thời gian gia công.

Thí dụ: Nếu đường kính mũi doa bị sai, bé đi 0,02mm chẳng hạn, tất cả những lỗ gia công bằng mũi doa ấy đều bị bé đi một lượng không đổi là 0,02 mm so với yêu cầu (không kể những ảnh hưởng khác). Trường hợp này gọi là sai số hệ thống cố định.

Sai số hệ thống cố định không làm thay đổi kích thước các chi tiết trong cùng loạt gia công.

Sai số do độ mòn của dụng cụ cắt là một loại sai số hệ thống nhưng biến đổi có quy luật. Nếu dùng mũi gia công lỗ thì quá trình mòn của đường kính lỗ gia công trên các chi tiết sẽ theo quy luật dần dần nhỏ đi.

Trường hợp này gọi là sai số hệ thống thay đổi. Sai số này làm thay đổi kích thước các chi tiết của hàng loạt gia công theo một quy luật xác định.

2.2. Sai số ngẫu nhiên

Sai số ngẫu nhiên là những sai số có trị số khác nhau ở các chi tiết gia công. Trong quá trình gia công, sai số loại này biến đổi không theo một quy luật nào theo thời gian. Nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên xuất hiện lúc ít, lúc nhiều, lúc có xuất hiện, lúc không. Thí dụ: Lực cắt thay đổi do chiều sâu cắt không đều, do kết cấu không đồng nhất.

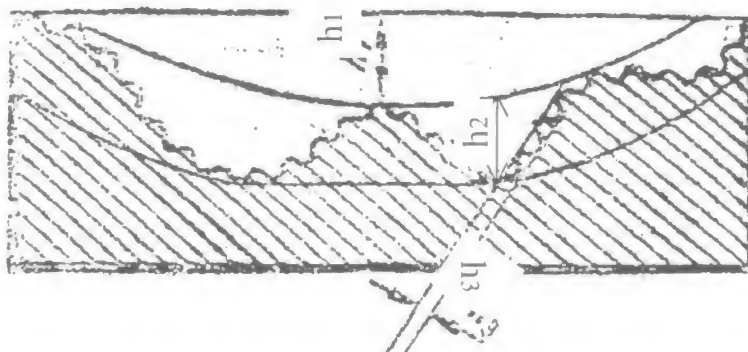
Sai số do những nguyên nhân loại đó gây ra có trị số thay đổi: Nó làm cho kích thước chi tiết của loạt gia công phân tán không theo quy luật do đó không xác định được trước sai số sẽ sinh ra.

3. Độ nhẵn bề mặt

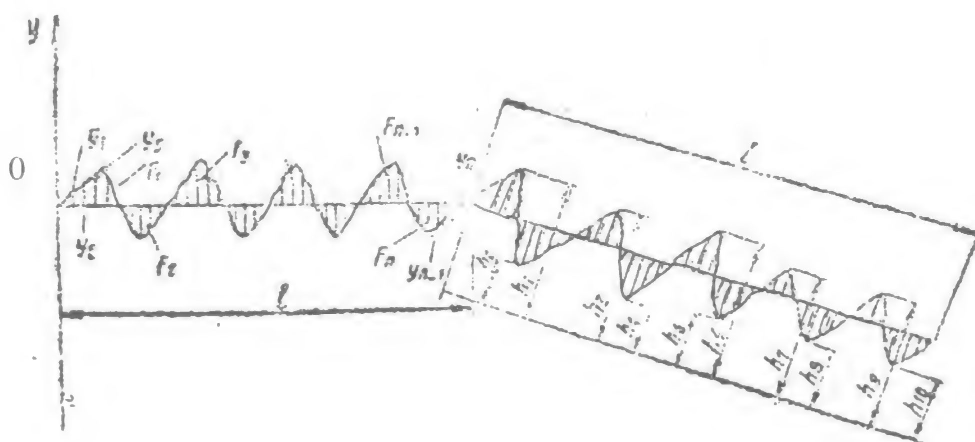
3.1. Khái niệm

Bề mặt chi tiết, sau khi gia công không bằng phẳng một cách lý tưởng mà có những nhấp nhô. Những nhấp nhô này là kết quả của vết dao để lại, của rung động trong quá trình cắt, của tính chất nguyên vật liệu và của nhiều nguyên nhân khác nữa...

Tuy vậy không phải toàn bộ những nhấp nhô trên bề mặt đều thuộc về độ nhẵn. Xét một bề mặt đã phóng đại (hình 1.4), trên đó có những loại nhấp nhô khác nhau:



Hình 1.4



Hình 1.5

- Nhấp nhô có độ cao h_1 thuộc về độ không phẳng của bề mặt: Bề mặt bị lõm.
- Nhấp nhô có độ cao h_2 thuộc về độ sóng bề mặt.
- Nhấp nhô có độ cao h_3 là độ nhẵn bề mặt.

Như vậy, độ nhẵn là mức độ cao thấp của các nhấp nhô xét trong một phạm vi hẹp của bề mặt gia công. Độ nhẵn thấp khi chiều cao nhấp nhô lớn và ngược lại.

Cùng với độ chính xác, độ nhẵn bề mặt của chi tiết cũng phải được hết sức coi trọng, vì nó ảnh hưởng nhiều đến chất lượng làm việc của chi tiết.

Chi tiết có độ nhẵn càng cao càng có khả năng chống ăn mòn, giảm khả năng bị nứt. Đối với chi tiết quay trong một chi tiết khác, độ nhẵn càng cao

thì càng có khả năng giữ được lớp dầu bôi trơn giữa chúng, do đó chống được mài mòn, giữ được tính chất lắp ghép của chúng kéo dài hơn thời gian sử dụng.

Theo tiêu chuẩn Liên Xô ГОСТ 2789-59, độ nhẵn bề mặt được đánh giá theo một trong hai tiêu chuẩn sau đây:

Sai lệch trung bình số học R_a: Là trị số trung bình của khoảng cách từ các điểm trên đường nhấp nhô đến đường trung bình 00' (hình 1.5). Các khoảng cách ấy là y_1, $y_2 \ldots y_{n-1}$, y_n và chỉ lấy giá trị tuyệt đối.

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \ldots + y_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}|y_i|$$

Đường trung bình 00' là một đường chia phần nhấp nhô bề mặt thành phần có diện tích bằng nhau, nghĩa là:

$F_1 + F_3 + F_5 + \ldots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + F_6 + \ldots + F_n$

Chiều cao trung bình của các nhấp nhô là giá trị trung bình của 5 khoảng cách từ 5 đỉnh cao nhất đến 5 đáy thấp nhất của nhấp nhô bề mặt tính trong phạm vi chiều dài chuẩn L (hình 1.5)

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 \ldots + h_9) - (h_2 + h_4 + \ldots h_{10})}{5}$$

Căn cứ vào 2 tiêu chuẩn trên, tiêu chuẩn ГОСТ 2789-59 chia ra 14 cấp nhẵn ứng với các giá trị R_a, R_Z và kí hiệu như sau:

Bảng 1.1: Các cấp độ nhẵn theo ГОСТ - 59

Cấp độ nhẵn	**Kí hiệu**	**R_a (µm)**	**R_Z (µm)**	**Chiều dài chuẩn mm**
		Không lớn hơn		
1	1	80	220	
2	2	40	160	8
3	3	20	80	
4	4	10	40	
5	5	5	20	2,5
6	6	2,5	10	

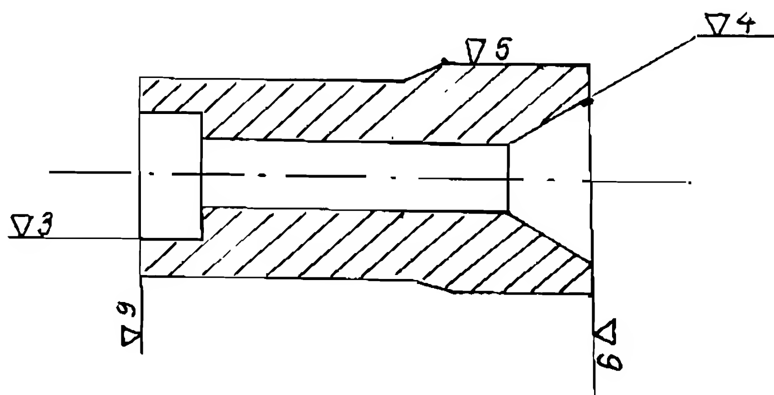
7	7	1,25	6,3	0,3
8	8	0,63	3,2	
9	9	0,32	1,6	
10	10	0,16	0,8	0,25
11	11	0,08	0,4	
12	12	0,04	0,2	
13	13	0,02	0,1	
14	14	0,01	0,05	0,8

Trong quy định trên, độ nhẵn cấp 1 là thấp nhất, cấp 14 là cao nhất.

3.2. Cách ghi độ nhẵn bề mặt

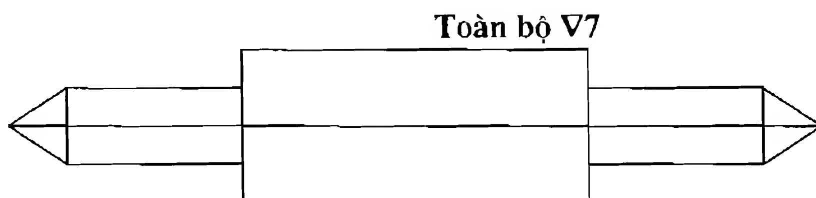
TCVN 18-63 quy định cách ghi độ nhẵn bề mặt trên các bản vẽ như sau:

Độ nhẵn của mỗi bề mặt chỉ ghi một lần, ghi trên đường bao thấy hoặc trên đường kéo dài của đường bao thấy. Kí hiệu độ nhẵn bề mặt là một tam giác đều. Chiều cao của tam giác phải lớn hơn 2,5mm, nếu tam giác ghi riêng thì kích thước của nó lớn hơn kích thước tam giác ghi ngay trên hình biểu diễn (hình 1.6a). Khi ghi kí hiệu độ nhẵn bề mặt hướng vào bề mặt được ghi, chỉ rõ độ nhẵn ghi ở bên phía kí hiệu độ nhẵn và theo chiều kim đồng hồ.



Hình 1.6a

Nếu tất cả bề mặt hoặc đa số bề mặt chi tiết có cùng một độ nhẵn, kí hiệu độ nhẵn đó được ghi chung ở ngoài hình vẽ ở góc trên bên phải có kèm theo chữ "toàn bộ" hoặc "còn lại" như hình vẽ.



Hình 1.6b

Nếu trên cùng một bề mặt có độ nhẵn khác nhau thì dùng nét mảnh làm đường phân cách kèm theo kích thước của từng phần bề mặt trong ứng với kí hiệu.

Chương 2

LẮP GHÉP VÀ HỆ THỐNG DUNG SAI LẮP GHÉP

Mục tiêu

Nắm được cách biểu diễn sơ đồ lắp ghép, tra bảng dung sai và đọc dung sai trên bản vẽ.

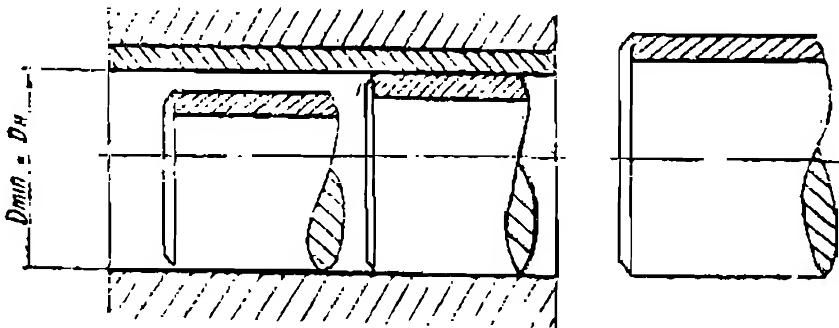
Nội dung tóm tắt

- Hệ thống dung sai.
- Sơ đồ lắp ghép.
- Bảng dung sai TCVN và cách ghi dung sai trên bản vẽ.

I. HỆ THỐNG DUNG SAI

1. Hệ thống lỗ: *Kí hiệu A*

Là tập hợp các kiểu lắp ghép, ở đó khi cùng một cấp chính xác và cùng kích thước danh nghĩa thì các kiểu lắp chỉ khác nhau ở kích thước giới hạn của trục còn kích thước giới hạn của lỗ không đổi



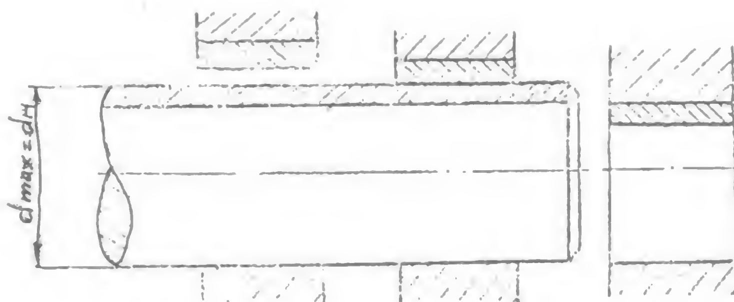
Hình 2.1: Hệ thống lỗ

Trong hệ thống lỗ, kích thước giới hạn nhỏ nhất của lỗ bằng kích thước danh nghĩa, như vậy sai lệch dưới của lỗ trong hệ thống cơ bản luôn luôn bằng không.

$D_{min} = D_H \rightarrow EI = D_{min} - D_H = 0$

2. Hệ thống trục: *Kí hiệu B*

Là tập hợp các kiểu lắp ghép, ở đó khi cùng một cấp chính xác và cùng kích thước danh nghĩa thì các kiểu lắp chỉ khác nhau ở kích thước giới hạn của lỗ, còn kích thước giới hạn của trục không đổi.



Hình 2.2: Hệ thống trục

Trong hệ thống trục, trục là chi tiết cơ bản còn gọi là hệ trục cơ bản.

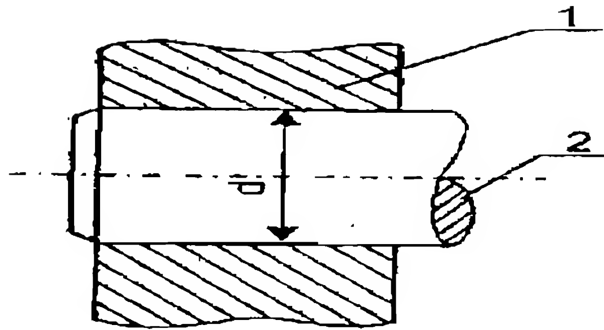
Trong hệ thống trục cơ bản, kích thước giới hạn lớn nhất của trục bằng kích thước danh nghĩa, như vậy sai lệch trên của chi tiết trục trong hệ trục cơ bản luôn luôn bằng không.

$d_{max} = d_H$; $es = 0$

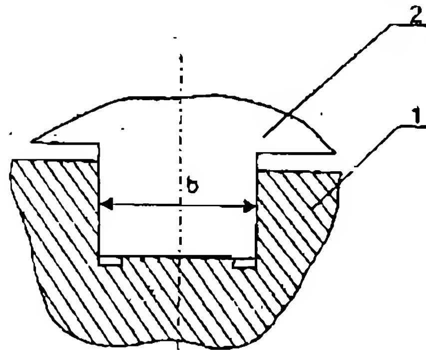
II. SƠ ĐỒ LẮP GHÉP

1. Khái niệm về lắp ghép

Hai hay một số chi tiết phối hợp với nhau một cách cố định (đai ốc vặn chặt vào bu lông) hoặc di động (pit tông trong xi lanh) thì tạo thành mối ghép. Những bề mặt mà dựa theo chúng các chi tiết phối hợp với nhau gọi là bề mặt lắp ghép. Bề mặt lắp ghép thường là bề mặt bao bên ngoài và bề mặt bị bao bên trong. Ví dụ: Trong lắp ghép giữa trục và lỗ, (hình 2.3a) và lắp ghép giữa con trượt và rãnh trượt (hình 2.3b) thì bề mặt lỗ và bề mặt rãnh trượt là bề mặt bao, còn bề mặt trục và bề mặt con trượt là bề mặt bị bao.



Hình 2.3a: 1 - Lỗ
2 - Trục



Hình 2.3b: 1 - Rãnh trượt
2 - Con trượt

Kích thước bề mặt bao được kí hiệu là D, kích thước bề mặt bị bao là: d. Kích thước danh nghĩa của lắp ghép là chung cho cả bề mặt bao và bị bao: $D_H = d_H$

Các loại lắp ghép thường sử dụng trong chế tạo cơ khí, có thể phân loại theo hình dạng bề mặt lắp ghép:

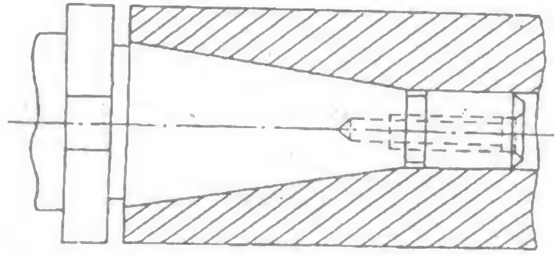
- Lắp ghép bề mặt trơn bao gồm:

+ Lắp ghép trụ trơn: Bề mặt lắp ghép là bề mặt trụ trơn (hình 2.3a).

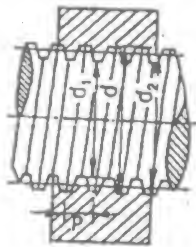
+ Lắp ghép phẳng: Bề mặt lắp ghép là hai mặt phẳng song song (hình 2.3b).

- Lắp ghép côn trơn: Bề mặt lắp ghép là mặt nón cụt (hình 2 4).

- Lắp ghép ren: Bề mặt lắp ghép là mặt xoắn ốc có dạng prôfin tam giác, hình thang,...

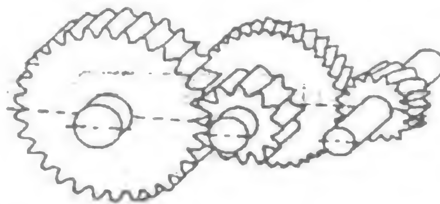


Hình 2.4: Lắp ghép côn trơn



Hình 2.5: Lắp ghép ren

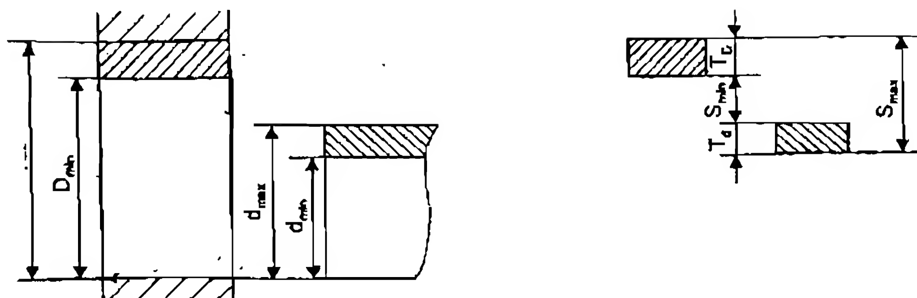
- Lắp ghép truyền động bánh răng: Bề mặt lắp ghép là bề mặt tiếp xúc một cách chu kì của các răng bánh răng (thường là bề mặt thân khai), hình 2.6.



Hình 2.6: Lắp ghép bánh răng

Trong số các lắp ghép trên thì lắp ghép bề mặt trơn chiếm phần lớn. Đặc tính của lắp ghép được xác định bởi hiệu số kích thước bề mặt bao và bị bao. Nếu hiệu số đó có giá trị dương (D-d>0) thì lắp ghép có độ hở. Nếu hiệu số đó có giá trị âm (D-d<0) thì lắp ghép có độ dôi. Dựa vào đặc tính đó lắp ghép được phân thành 3 nhóm:

1.1. Nhóm lắp lỏng



Hình 2.7: Nhóm lắp lỏng

Trong nhóm lắp ghép này kích thước bề mặt bao (lỗ) luôn luôn lớn hơn kích thước bề mặt bị bao (trục), đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ hở, (hình 2.7). Độ hở của lắp ghép được kí hiệu là S và tính như sau:

$S = D - d$

Tương ứng với các kích thước giới hạn của lỗ (D_{max}, D_{min}) và của trục (d_{max}, d_{min}), lắp ghép có độ hở giới hạn.

$S_{max} = D_{max} - d_{min}$ (2.1)

$S_{min} = D_{min} - d_{max}$ (2.2)

Độ hở trung bình của lắp ghép là:

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} \quad (2.3)$$

Từ (2.1) và (2.2) ta suy ra:

$S_{max} = (D_{max} - D_H) - (d_{min} - d_H) = ES - ei$ (2.4)

$S_{min} = (D_{min} - D_H) - (d_{max} - d_H) = EI - es$ (2.5)

(Đối với một lắp ghép thì $D_H = d_H$)

Nếu kích thước của loạt chi tiết được phép dao động trong khoảng $D_{max} \div D_{min}$ đối với lỗ và $d_{max} \div d_{min}$ đối với trục thì độ hở (S) của loạt lắp ghép tạo thành cũng được phép dao động trong khoảng $S_{max} \div S_{min}$, tức là trong phạm vi dung sai của độ hở, T_S:

$T_S = S_{max} - S_{min}$ (2.6)

Từ (2.1) và (2.2) ta suy ra:

$T_S = (D_{max} - d_{min}) - (D_{min} - d_{max})$

$T_S = (D_{max} - D_{min}) + (d_{max} - d_{min})$

$T_S = T_D + T_d$ (2.7)

Như vậy dung sai của độ hở (T_S) bằng tổng dung sai kích thước lỗ và kích thước trục. Dung sai của độ hở còn được gọi là dung sai của lắp ghép lỏng. Nó đặc trưng cho mức độ chính xác yêu cầu của lắp ghép.

Ví dụ 2.1: Cho kiểu lắp ghép lỏng trong đó kích thước lỗ là $\phi52_{0}^{+0,030}$

Kích thước trục $\phi52_{-0,060}^{-0,030}$, hãy tính:

- Kích thước giới hạn và dung sai của các chi tiết.
- Độ hở giới hạn, độ hở trung bình và dung sai độ hở.

Giải: Theo số liệu đã cho ta có:

Lỗ $\phi52\begin{cases} ES = +0,030mm \\ EI = 0 \end{cases}$ Trục $\phi52\begin{cases} es = -0,030mm \\ ei = 0,060mm \end{cases}$

- Kích thước giới hạn và dung sai được tính tương tự như ví dụ 1.3 và 1.4

+ Đối với lỗ: $D_{max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52.03mm$

$D_{min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52,00mm$

$T_D = ES - EI = 0,03 - 0 = 0,03mm$

+ Đối với trục: $d_{max} = d_H + es = 52 + (-0,03) = 51,97mm$

$d_{min} = d_H + ei = 52 + (-0,06) = 51,94mm$

$T_d = es - ei = -0,03 - (-0,06) = 0,03mm$

- Độ hở giới hạn và trung bình được tính theo (2.1), (2.2) và (2.3)

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 52,03 - 51,94 = 0,09mm$

$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 52 - 51,97 = 0,03mm$

$$S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} = \frac{0,09 + 0,03}{2} = 0,06mm$$

- Dung sai của độ hở được tính theo (2.6) hoặc (2.7)

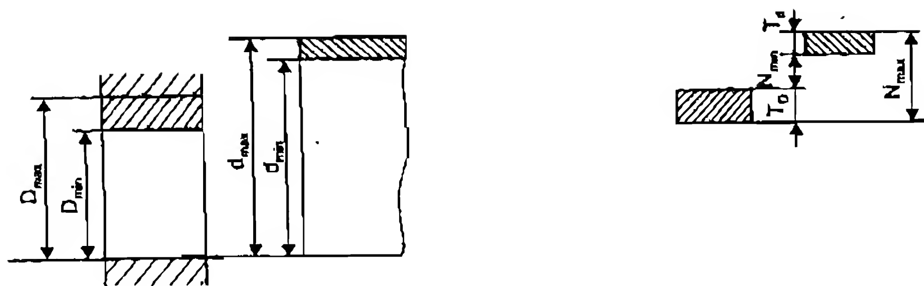
$T_S = S_{max} - S_{min} = 0,09 - 0,03 = 0,06mm$

$T_S = T_D + T_d = 0,03 + 0,03 = 0,06mm$

1.2. Nhóm lắp chặt

Trong nhóm lắp chặt, kích thước bề mặt bao luôn luôn nhỏ hơn kích thước bề mặt bị bao, đảm bảo lắp ghép luôn luôn có độ dôi, (hình 2.8). Độ dôi của lắp ghép được kí hiệu là N và tính như sau:

$N = d - D$



Hình 2.8: Lắp ghép chặt

Tương ứng với các kích thước giới hạn của trục và lỗ ta có độ dôi giới hạn:

$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$ (2.8)

$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES$ (2.9)

Độ dôi trung bình của lắp ghép:

$$N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} \quad (2.10)$$

Dung sai độ dôi, T_N:

$T_N = N_{max} - N_{min} = T_D + T_d$ (2.11)

Dung sai độ dôi cũng bằng tổng dung sai kích thước trục và lỗ.

Ví dụ 2.2. Cho kiểu lắp chặt, trong đó kích thước lỗ là $\phi 45_{0}^{+0,025}$, kích thước trục $\phi 45_{+0,034}^{+0,050}$, hãy tính:

- Độ dôi giới hạn và độ dôi trung bình của kiểu lắp
- Dung sai kích thước lỗ, trục và dung sai độ dôi.

Giải: Với số liệu đã cho ta có:

$$\text{Lỗ } \phi 45\begin{cases} ES = +0{,}025mm \\ EI = 0 \end{cases} \quad \text{Trục } \phi 45\begin{cases} es = +0{,}050mm \\ ei = +0{,}034mm \end{cases}$$

- Tính độ dôi giới hạn theo (2.8) và (2.9)

$N_{max} = es - EI = 0{,}050 - 0 = 0{,}050mm$

$N_{min} = ei - ES = 0{,}034 - 0{,}025 = 0{,}009mm$

- Tính độ dôi trung bình theo (2.10):

$$N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} = \frac{0{,}050 + 0{,}009}{2} = 0{,}0295mm$$

- Tính dung sai kích thước chi tiết:

$T_D = ES - EI = 0{,}025 - 0 = 0{,}025mm$

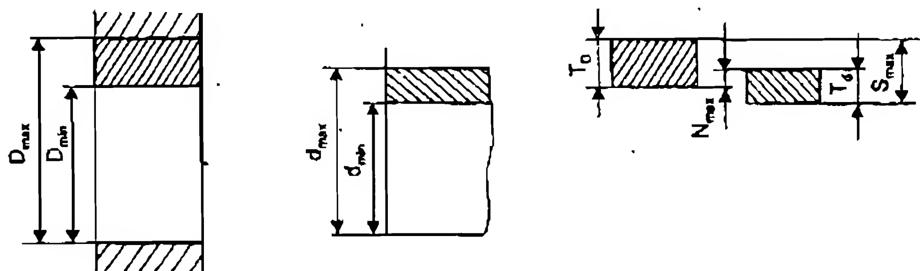
$T_d = es - ei = 0{,}050 - 0{,}034 = 0{,}016mm$

- Tính dung sai độ dôi theo (2.11)

$T_N = T_D + T_d = 0,025 + 0,016 = 0,041mm$

1.3. Nhóm lắp trung gian

Trong nhóm lắp ghép này miền dung sai kích thước bề mặt bao (lỗ) bố trí xen lẫn miền dung sai kích thước bề mặt bị bao (trục), (hình 2.9).



Hình 2.9: Lắp trung gian

Như vậy kích thước bề mặt bao được phép dao động trong phạm vi có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích thước bề mặt bị bao và lắp ghép nhận được có thể là độ hở hoặc độ dôi.

Trường hợp nhận được lắp ghép có độ hở thì độ hở lớn nhất là:

$S_{max} = D_{max} - d_{min}$

Trường hợp nhận được lắp ghép có độ dôi thì độ dôi lớn nhất là:

$N_{max} = d_{max} - D_{min}$

Trong nhóm lắp ghép trung gian thì độ hở và độ dôi nhỏ nhất ứng với trường hợp thực hiện lắp ghép mà kích thước lỗ bằng kích thước trục, có nghĩa là độ hở và độ dôi nhỏ nhất bằng không. Vì vậy dung sai của lắp ghép trung gian được tính như sau:

$$T_{S,N} = S_{max} + N_{max} \qquad (2.12)$$

$$T_{S,N} = T_D + T_d$$

Trường hợp trị số độ hở giới hạn lớn nhất (S_{max}) lớn hơn trị số dôi giới hạn lớn nhất (N_{max}) thì ta tính độ hở trung bình:

$$S_m = \frac{S_{max} - N_{max}}{2} \qquad (2.13)$$

Ngược lại nếu trị số độ dôi giới hạn lớn nhất lớn hơn trị số độ hở giới hạn lớn nhất ta tính độ dôi trung bình:

$$N_m = \frac{N_{max} - S_{max}}{2} \qquad (2.14)$$

Ví dụ 2.3: Cho kiểu lắp trung gian, trong đó kích thước lỗ là:

Lỗ $\phi 82\begin{cases} ES = +0{,}035mm \\ EI = 0 \end{cases}$ Trục $\phi 82\begin{cases} es = +0{,}045mm \\ ei = +0{,}023mm \end{cases}$

- Kích thước giới hạn và dung sai tính tương tự như các ví dụ 1.3 và 1.4:

$D_{max} = D_H + ES = 82 + 0{,}035 = 82{,}035mm$

$D_{min} = D_H + EI = 82 + 0 = 82{,}000mm$

$T_D = ES - EI = +0{,}035 + 0 = 0{,}035mm$

$d_{max} = d_N + es = 82 + 0{,}045 = 82{,}045mm$

$d_{min} = d_H + ei = 82 + 0{,}023 = 82{,}023mm$

$T_d = es - ei = 0{,}045 - 0{,}023 = 0{,}022mm$

- Độ hở và độ dôi giới hạn lớn nhất tính theo (2.11) và (2.12)

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 82{,}035 - 82{,}023 = 0{,}012mm$

$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 82{,}045 - 82{,}00 = 0{,}045mm$

Trong ví dụ này: $N_{max} = 0{,}045mm > S_{max} = 0{,}012$, nên ta tính độ dôi trung bình theo (2.24)

$$N_m = \frac{N_{max} - S_{max}}{2} = \frac{0{,}045 - 0{,}012}{2} = 0{,}0165mm$$

- Dung sai của lắp ghép được tính theo (2.12)

$T_{S.N} = N_{max} + S_{max} = 0{,}045 + 0{,}012 = 0{,}057mm$

Hoặc $T_{S.N} = T_D + T_d = 0{,}035 + 0{,}022 = 0{,}057mm$

2. Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép

Để đơn giản và thuận tiện cho tính toán người ta biểu diễn lắp ghép dưới dạng sơ đồ phân bố miền dung sai.

Dùng hệ trục toạ độ vuông góc với trục tung biểu thị sai lệch của kích thước tính theo micromet (μm) ($1\mu m = 10^{-3}$ mm), trục hoành biểu thị vị trí của kích thước danh nghĩa, ứng với vị trí đó thì sai lệch kích thước bằng không, nên trục hoành còn gọi là đường không. Sai lệch của kích thước được phân bố về hai phía so với kích thước danh nghĩa, sai lệch dương ở phía trên, sai lệch âm ở phía dưới. Miền bao gồm giữa hai sai lệch giới hạn là miền dung sai kích thước, được biểu thị bằng hình chữ nhật.

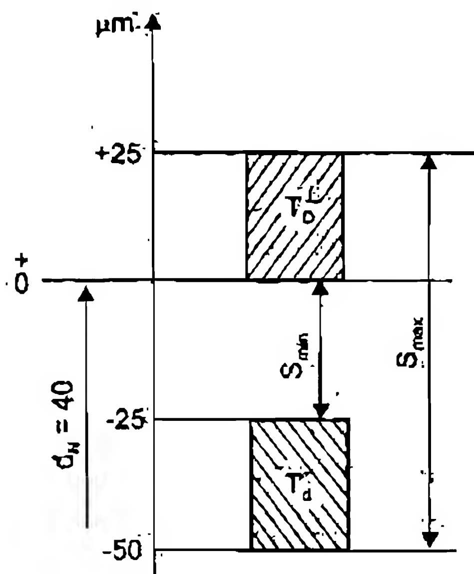
Ví dụ 2.4: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa: $d_H = 40mm$, sai lệch giới hạn các kích thước:

Lỗ $\begin{cases} ES = +25\mu m \\ EI = 0 \end{cases}$ Trục $\begin{cases} es = -25\mu m \\ ei = -50\mu m \end{cases}$

- Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.

- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn của độ hở hoặc độ dôi trực tiếp trên sơ đồ.

Giải: Vẽ hệ trục toạ độ vuông góc: trục tung có số đo theo µm, trục hoành không có số đo mà chỉ biểu thị vị trí kích thước danh nghĩa như hình 2.10.



Hình 2.10: Sơ đồ lắp ghép

Trên trục tung lấy một điểm có tung độ +25µm, ứng với sai lệch giới hạn trên của lỗ (ES) và điểm có trục tung 0 ứng với sai lệch giới hạn dưới của lỗ (EI). Vẽ hình chữ nhật có cạnh đứng là khoảng cách giữa hai sai lệch giới hạn. Như vậy số đo của cạnh đứng chính là số dung sai kích thước. Hai cạnh nằm ngang của hình chữ nhật ứng với hai vị trí của sai lệch giới hạn đồng thời cũng là vị trí của kích thước giới hạn.

Cũng tương tự như đối với kích thước lỗ, để biểu thị miền dung sai kích thước trục ta lấy hai điểm ứng với - 25µm và -50µm. Đó là vị trí của 2 cạnh nằm ngang của hình chữ nhật, còn khoảng cách giữa chúng chính là cạnh đứng hình chữ nhật. Số đo của cạnh đứng chính là trị số dung sai kích thước giới hạn.

- Đặc tính của lắp ghép được xác định dựa vào vị trí tương quan giữa hai miền dung sai. Ở đây miền dung sai kích thước lỗ T_D nằm ở phía trên miền dung sai kích thước trục T_d, nghĩa là kích thước lỗ luôn lớn hơn kích thước trục, do vậy lắp ghép luôn luôn có độ hở, đó là lắp lỏng.

Độ hở giới hạn của lắp ghép được xác định trực tiếp trên sơ đồ:

$$\left.\begin{array}{l} S_{max} = 75\mu m \\ S_{min} = 25\mu m \end{array}\right\} \quad T_S = 50\mu m$$

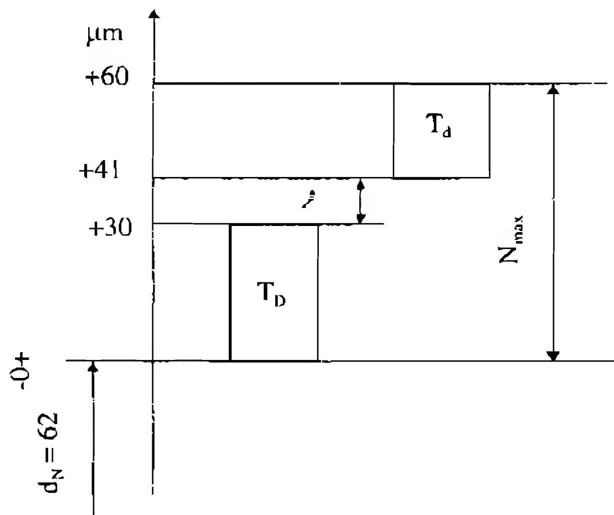
Ví dụ 2.5: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa d_H = 62mm, sai lệch giới hạn các kích thước:

$$\text{Lỗ} \begin{cases} ES = +30\mu m \\ EI = 0 \end{cases} \qquad \text{Trục} \begin{cases} es = +60\mu m \\ ei = +41\mu m \end{cases}$$

Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.

- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn tương ứng.

Giải: Cũng tương tự như ví dụ 2.4 ta vẽ được sơ đồ phân bố miền dung sai kích thước lỗ và trục như hình 2.11.



Hình 2.11

- Nhìn sơ đồ ta thấy miền dung sai kích thước trục (T_d) nằm ở phía trên miền dung sai kích thước lỗ (T_D). Như vậy kích thước trục luôn luôn lớn hơn kích thước lỗ do đó lắp ghép luôn luôn có độ dôi. Đó là lắp chặt và độ dôi giới hạn của lắp ghép là:

$$\left.\begin{array}{l} S_{max} = 60\mu m \\ N_{min} = 11\mu m \end{array}\right\} \quad T_N = 49\mu m$$

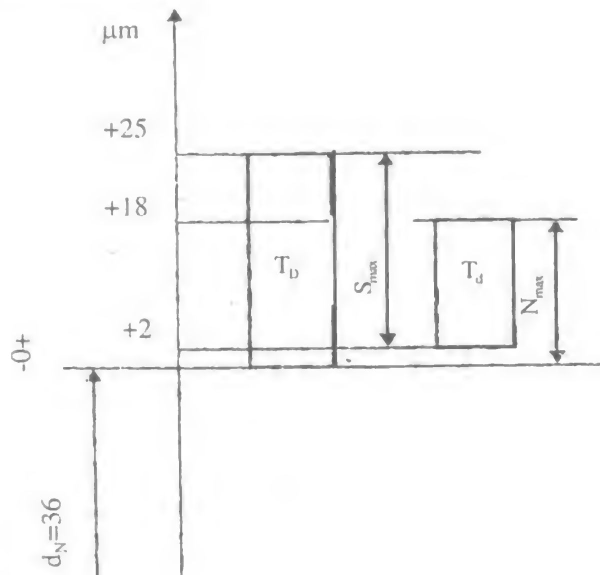
Ví dụ 2.6: Cho lắp ghép có kích thước danh nghĩa $d_H = 36mm$, sai lệch giới hạn của các kích thước:

Lỗ $\begin{cases} ES = +25\mu m \\ EI = 0 \end{cases}$ Trục $\begin{cases} es = +18\mu m \\ ei = +2\mu m \end{cases}$

- Biểu diễn sơ đồ phân bố dung sai của lắp ghép.

- Xác định đặc tính của lắp ghép và tính trị số giới hạn tương ứng.

Giải : - Tiến hành tương tự như ví dụ 2.5, ta vẽ được sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép như hình 2.12:



Hình 2.12

- Từ sơ đồ ta thấy miền dung sai của lỗ (T_D) nằm đan xen với miền dung sai của trục (T_d). Như vậy kích thước lỗ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn kích thước trục, do vậy lắp ghép tạo thành có thể có độ hở hoặc độ dôi. Đó là đặc tính của lắp ghép trung gian. Độ hở giới hạn lớn nhất của lắp ghép là:

$$\left.\begin{array}{l} S_{max} = 23\mu m \\ N_{max} = 18\mu m \end{array}\right\} \quad T_{S,N} = S_{max} + N_{max} = 41\mu m$$

III. CÁC BẢNG DUNG SAI TCVN VÀ CÁCH GHI DUNG SAI TRÊN BẢN VẼ

1. Bảng dung sai tiêu chuẩn Việt Nam

- Trong các bảng dung sai, quy định các sai lệch giới hạn trên, sai lệch giới hạn dưới của lỗ và của trục ở các khoảng kích thước, theo các kiểu lắp ghép và chính xác trong từng hệ thống. Khi tìm được sai lệch giới hạn, ta sẽ tính được kích thước giới hạn, dung sai của lỗ và trục, các trị số giới hạn độ hở, độ dôi và dung sai của lắp ghép.

Trong tiêu chuẩn từ TCVN 21-63 đến TCVN 41-63 quy định các sai lệch giới hạn cho các kích thước từ 1 - 500mm theo các kiểu lắp, trong hệ thống lỗ và hệ thống trục từ cấp độ chính xác 1 đến cấp chính xác 7. Để thuận tiện cho việc sử dụng trong học tập, hệ thống lại theo 3 bảng sau (xem phụ bản):

Bảng 1: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp lỏng và lắp trung gian theo hệ thống lỗ.

Bảng 2: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp lỏng và lắp trung gian theo hệ thống trục.

Bảng 3: Gồm các kiểu lắp trong nhóm lắp chặt theo hệ thống lỗ và theo hệ thống trục.

Thí dụ 2: Có lắp ghép $\phi 50\frac{A_3}{L3_3}$

- Tra bảng tìm sai lệch giới hạn.
- Tính kích thước giới hạn và dung sai của lỗ và của trục.
- Tính trị số giới hạn độ hở và dung sai của lắp ghép.
- Vẽ sơ đồ lắp ghép.

Bài giải:

Lắp ghép $\phi 50\frac{A_3}{L3_3}$ là lắp ghép theo hệ thống lỗ, lắp ghép lỏng, cấp chính xác 3.

Tra bảng 1 trang 3, ta được:

Lỗ ϕ 50A3 sai lệch trên + 39μm = + 0,039mm

Sai lệch dưới 0

Trục $\phi 50\ L3_3$ Sai lệch trên $-25\mu_m = -0,025mm$

Sai lệch dưới $-64\mu_m = -0,064mm$

Tính kích thước giới hạn và dung sai của lỗ:

$D_{max} = D_H + ES = 50 + 0,039 = 50.039mm$

$D_{min} = D_H + EI = 50 + 0 = 50mm$

$T_D = ES - EI = 0,039 - 0 = 0,039mm$

Kích thước giới hạn và dung sai của trục:

$d_{max} = d_H + es = 50 + (-0,025) = 49,975mm$

$d_{min} = d_H + ei = 50 + (-0,064) = 49,936mm$

$T_d = ES - ei = -0,025 - (-0,064) = 0,039mm$

Trị số giới hạn độ hở và dung sai của lắp ghép:

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 50,039 - 49,936 = 0,103mm$

$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 50,0 - 49,975 = 0,025mm$

$T_S = S_{max} - S_{min} = 0,103 - 0,025 = 0,078mm.$

2. Cách ghi dung sai trên bản vẽ

Theo tiêu chuẩn TCVN 9-63 quy định hai cách ghi dung sai trên bản vẽ:

- Ghi kí hiệu kiểu lắp
- Ghi kích thước danh nghĩa.

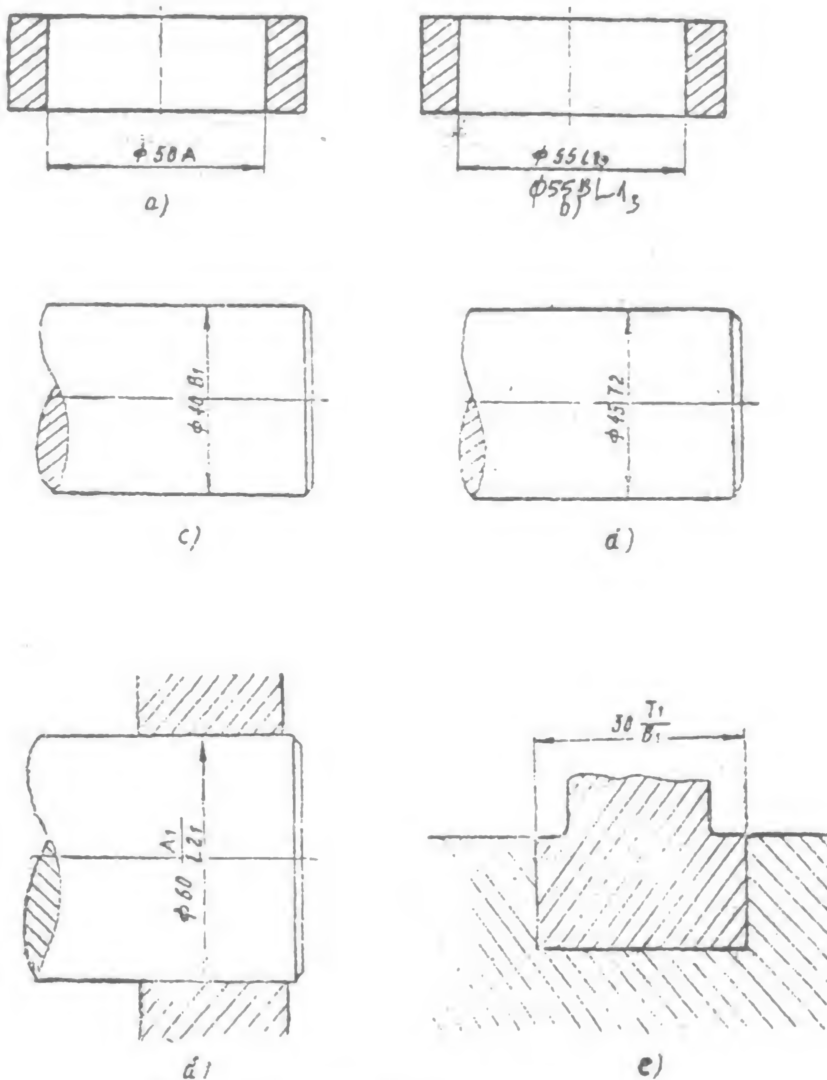
2.1. Kí hiệu

Quy ước về cách ghi dung sai trên bản vẽ theo kí hiệu như sau:

- Chữ A: Kí hiệu cho lắp ghép trong hệ thống lỗ cơ bản.
- Chữ B: Kí hiệu cho lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản.
- Các kí hiệu của kiểu lắp (C_5, T_3, L_2. v.v.) dùng để kí hiệu cho các chi tiết không phải là cơ bản, lúc đó chi tiết lắp lẫn với nó sẽ là chi tiết cơ bản.
- Các chữ A và B cùng các kí hiệu kiểu lắp đều có ghi số nhỏ kèm theo số chỉ cấp chính xác (trừ cấp chính xác 2 không ghi số 2).

* Cách ghi kí hiệu cho mối ghép: Kí hiệu của chi tiết lỗ ghi ở trên, kí hiệu của chi tiết trục ghi ở dưới:

Thí dụ hình 2.13: Ghi dung sai bằng kí hiệu:



Hình 2.13: Ghi dung sai bằng kí hiệu

Trong các hình vẽ trên:

Hình 2.a: Chi tiết lỗ, kích thước danh nghĩa 50mm, lắp ghép theo hệ thống lỗ cơ bản, cấp chính xác 2.

Hình 2b: Chi tiết lỗ, kích thước danh nghĩa 55mm, lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản, sai lệch theo kiểu lắp ghép L_1, cấp chính xác 3.

Hình 3c: Chi tiết trục, kích thước danh nghĩa 40mm, lắp ghép theo hệ thống trục cơ bản, cấp chính xác 1.

Hình 2d: Lắp ghép có kích thước danh nghĩa 60mm, lắp ghép theo hệ thống lỗ cơ bản, chi tiết lỗ cấp chính xác 1, lỗ có sai lệch theo kiểu lắp trung gian cấp 1, cấp chính xác 2.

Hình 2e: Lắp ghép có kích thước danh nghĩa là 30mm, lắp theo hệ thống trục, trục cấp chính xác 1, lỗ có sai lệch theo kiểu lắp trung gian cấp 1, cấp chính xác 2.

2.2. Cách ghi kích thước danh nghĩa

Cách ghi như sau: Ghi kích thước danh nghĩa của chi tiết hoặc lắp ghép, kèm theo dấu và trị số của các sai lệch giới hạn, kích thước danh nghĩa và sai lệch.

- Sai lệch trên ghi ở trên, sai lệch dưới ghi ở dưới. Con số chỉ sai lệch giới hạn viết theo cỡ nhỏ hơn.

Ví dụ: $\varphi 50^{+0,030}_{-0,01}$

- Sai lệch bằng không thì không ghi. Ví dụ:

$$\phi 50^{+0.030} \text{ hoặc } \phi 50^{-0.035}.$$

Câu hỏi ôn tập

1. Thế nào là tính đổi lẫn chức năng? Ý nghĩa của nó đối với sản xuất và sử dụng.
2. Phân biệt các kích thích danh nghĩa, thực và giới hạn.
3. Tại sao phải quy định kích thước giới hạn và dung sai. Điều kiện để đánh giá kích thước chi tiết chế tạo ra là đạt yêu cầu hay không đạt yêu cầu là gì?
4. Thế nào là sai lệch giới hạn, cách kí hiệu và phương pháp tính?
5. Thế nào là lắp ghép, nhóm lắp ghép và đặc tính của chúng?
6. Hãy phân biệt dung sai kích thước chi tiết và dung sai của lắp ghép.
7. Trình bày cách biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của lắp ghép.

Bài tập

1. Chi tiết trục có kích thước danh nghĩa: d_H = 30mm, kích thước giới hạn:

d_{max} = 29,980mm và d_{min} = 29,959.

- Tính sai lệch giới hạn và dung sai kích thước.
- Trục gia công xong có kích thước thực là: d_{th} = 29,985mm, có dùng được không, tại sao?

2. Chi tiết lỗ có kích thước danh nghĩa: D_H = 55mm, kích thước giới hạn:

D_{max} = 55,046mm và D_{min} = 55mm

- Tính sai lệch giới hạn và dung sai kích thước.

- Lỗ gia công xong có kích thước thực là: D_{th} = 55,025mm, có dùng được không, tai sao?

3. Tính kích thước giới hạn và dung sai kích thước chi tiết trong các trường hợp sau:

a. $\phi 80^{+0,074}_{+0,120}$ c. $\phi 150^{-0,143}_{+0,043}$ e. $\phi 90^{+0,025}_{-0,003}$

b. $\phi 100^{+0,207}_{-0,120}$ d. $\phi 72^{0}_{0,046}$ f. $\phi 120^{+0,101}_{+0,079}$

4. Biểu diễn sơ đồ phân bố miền dung sai của các lắp ghép cho trong bảng

TT	Kích thước lỗ	Kích thước trục	TT	Kích thước lỗ	Kích thước trục
1	$\phi 46^{+0,025}$	$\phi 46^{-0,009}_{-0,025}$	4	$\phi 124^{-0,028}_{-0,068}$	$\phi 124_{-0,025}$
2	$\phi 120^{+0,054}$	$\phi 102^{-0,120}_{-0,207}$	5	$\phi 66^{+0,030}$	$\phi 66^{+0,039}_{+0,020}$
3	$\phi 58^{+0,030}$	$\phi 58^{+0,072}_{+0,053}$	6	$\phi 120^{+0,0175}$	$\phi 120_{-0,022}$

- Tính kích thước giới hạn va dung sai kích thước lỗ và trục.

- Xác định đặc thù của lắp ghép và tính trị số độ hở và độ dôi giới hạn của lắp ghép.

5. Cho lắp ghép trong đó kích thước lỗ là $\phi 56^{+0,030}$ tính sai lệch giới han của trục trong trường hợp sau:

Độ hở giới hạn của lắp ghép là : S_{max} = 136μm, S_{min} = 60μm.

a) Độ hở giới hạn của lắp ghép là: S_{max} = 136μm, S_{min} = 60μm..

b) Độ dôi giới hạn của lắp ghép: N_{max} = 51μm, N_{min} = 2μm.

c) Độ hở và độ dôi giới hạn của lắp ghép là . S_{max} = 39,5μm; N_{max} = 9,5μm

Phần II

KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Chương 3

DỤNG CỤ ĐO THÔNG DỤNG TRONG CHẾ TẠO CƠ KHÍ

Mục tiêu

Nắm được cấu tạo, cách sử dụng và phương pháp bảo quản các dụng cụ đo lường cơ khí. Biết cách lựa chọn dụng cụ đo cho phù hợp với yêu cầu kỹ thuật.

Nội dung tóm tắt

- Cơ sở đo lường kích thước.
- Dụng cụ đo khắc vạch: thước cặp, panme.
- Dụng cụ đo có mặt số: đồng hồ so.

I. CƠ SỞ ĐO LƯỜNG KÍCH THƯỚC

1. Khái niệm đo lường kích thước

1.1. Tầm quan trọng và quá trình phát triển của kỹ thuật đo lường

Trong quá trình chế tạo các chi tiết máy, cần phải đo để đảm bảo cho các chi tiết làm ra đạt yêu cầu kỹ thuật và để kiểm tra chất lượng sản phẩm. Do đó kỹ thuật đo lường là khâu quan trọng không thể thiếu được trong quá trình sản xuất.

Đo lường kỹ thuật trong chế tạo cơ khí nghiên cứu đơn vị đo, dụng cụ và phương pháp đo. Cùng với sự phát triển của sản xuất, kỹ thuật đo lường đã có những bước tiến mạnh mẽ. Từ cuối thế kỉ 19, ngành chế tạo cơ khí đã dùng các

loại calip tiêu chuẩn, calip giới hạn. Năm 1850 đã có thước cặp, năm 1867 có panme. Sau đó có các loại dụng cụ đo chính xác cao hơn như: căn mẫu (năm 1896), Minhimet đo tới 0,01mm (năm 1907), các máy đo quang học (năm 1921-1925), các máy đo dùng khí nén (1928), các máy dùng điện (1930)... đặt cơ sở cho các phương pháp kiểm tra tự động. Ngày nay có những loại máy đo quang học, máy đo điện tử hiện đại có thể đo được những khoảng cách nhỏ tới 4 phần triệu milimét.

1.2. Đơn vị đo

Đo một đại lượng là chọn một đại lượng cùng loại làm mẫu rồi đem so sánh đại lượng cần đo với đại lượng làm mẫu đó. Đại lượng mẫu được chọn là đơn vị.

+ *Đơn vị đo độ dài*:

Đơn vị đo độ dài được hội nghị tiêu chuẩn quốc tế thống nhất công nhận là "mét".

Mét mẫu quốc tế đặt tại Viện đo lường quốc tế ở Sèvres (Pháp). Mét mẫu quốc tế làm bằng hợp kim platin và iridi, vật liệu này bảo đảm sự chính xác, hầu như không bị thay đổi trong mọi điều kiện khí hậu đồng thời chống được ăn mòn.

- Ngày nay khi phát hiện sự cố định của chiều dài sóng ánh sáng, người ta đã dùng nó làm đơn vị đo độ dài. Việc dùng chiều dài sóng ánh sáng làm mẫu đơn vị đo độ dài đã làm cho độ chính xác của các mẫu đo tăng lên rất nhiều.

Tháng 12 năm 1964, Hội đồng Chính phủ nước ta đã ban hành *Bảng đơn vị đo lường hợp pháp của nước Việt Nam dân chủ cộng hoà* trong đó đơn vị đo độ dài là "mét" kí hiệu là "m" và định nghĩa như sau: "*Mét là độ dài bằng 1.650.763,73 lần bước sóng của bức xạ trong chân không ứng với sự chuyển giữa các mức* $2p_{10}$ *và* $5d_5$ *của nguyên tử kryptôn 96*".

Mét là đơn vị cơ bản: trong ngành chế tạo máy thường dùng đơn vị nhỏ hơn là milimet (1mm = 1/1000m) hoặc nhỏ hơn nữa là micrômét (1μm = 1/1000mm).

+ *Đơn vị đo góc:*

Bảng đơn vị đo lường hợp pháp của nước ta quy định đơn vị đo góc phẳng là "độ", kí hiệu " ^{0} ".

Độ là góc phẳng bằng $\frac{\pi}{180}$ *radian* [1]

$$1^0 = \frac{\pi}{180}\text{ rad}$$

Một hình tròn có 360^0 góc.

Trong chế tạo máy thường dùng độ, phút ($1' = \frac{1^0}{60}$), giây ($1'' = \frac{1'}{60}$).

2. Các loại dụng cụ đo và phương pháp đo

2.1. Các loại dụng cụ đo

Dụng cụ đo có thể chia làm 2 loại lớn:

- Các loại mẫu.
- Các loại dụng cụ đo và máy đo.

- Các loại mẫu là những vật thể chế tạo theo bội số hoặc ước số của đơn vị đo, gồm các loại thước mẫu, căn mẫu, góc mẫu, ke...

- Các loại dụng cụ và máy đo dùng để đo kích thước của sản phẩm, về phương diện cấu tạo có thể chia ra làm 7 loại:

+ Dụng cụ đo có khắc vạch và du xích: thước cặp, thước đo góc vạn năng, v.v.
+ Dụng cụ đo có vít vi phân: panme.
+ Dụng cụ đo có đòn bẩy cơ khí: đồng hồ so, Minhimet, Paxamet...
+ Máy đo đòn bẩy quang học: ốptimet.
+ Máy đo cơ khí quang học: kính hiển vi, máy đo độ dài.
+ Máy đo dùng nén khí.
+ Máy đo dùng điện.

Mỗi loại dụng cụ đo đều có những đặc điểm sau:

+ Khoảng cách giữa hai vạch khắc trên các mặt số.
+ Giá trị của vạch khắc trên mặt số.
+ Phạm vi đo của mặt số là giá trị của toàn bộ vạch khắc chia trên mặt số.
+ Phạm vi đo của dụng cụ là kích thước nhỏ nhất và lớn nhất có thể đo được.
+ Áp lực đo là áp lực tiếp xúc giữa vật đo và dụng cụ.

2.2. Các phương pháp đo

Có nhiều cách phân loại phương pháp đo, thông thường các phương pháp đo được chia ra:

- Phương pháp đo tuyệt đối và phương pháp đo tương đối (đo so sánh).
- Phương pháp đo trực tiếp và phương pháp đo gián tiếp.
- Phương pháp đo tổng hợp và phương pháp đo từng phần.

• *Phương pháp đo tuyệt đối*: Xác định trực tiếp kích thước đo trên thang chia của dụng cụ đo như khi đo bằng thước cặp, panme, thước đo vạn năng...

• *Phương pháp đo tương đối (đo so sánh)*: Xác định hiệu số x-e của kích thước cần đo x với kích thước chuẩn e.

Từ trị số (x - e), ta suy ra kích thước cần đo x. Thí dụ: kiểm tra góc vuông bằng ke, kiểm tra góc bằng góc mẫu, kiểm tra kích thước bằng calíp, kiểm tra chi tiết trên máy minhimét, ốptimét. Các loại máy đo thường dùng phương pháp này vì nó đơn giản, sử dụng thuận tiện.

• *Phương pháp đo trực tiếp*: Đo thẳng vào kích thước cần đo, trị số đo được đọc trực tiếp trên mặt số của dụng cụ đo.

Ví dụ: Đo độ dài bằng thước lá, đo góc bằng thước đo góc.

• *Phương pháp đo gián tiếp*: Không đo chính kích thước cần đo mà thông qua việc đo một đại lượng khác để xác định, tính toán kích thước cần đo.

Ví dụ: Đo hai cạnh của tam giác vuông sau đó tính ra đường huyền của tam giác; qua quan hệ hàm số lượng giác để tính ra trị số góc...

• *Phương pháp đo từng phần*: Đo riêng rẽ từng yếu tố, sau phối hợp các yếu tố đó lại mới xác định được chi tiết có đạt yêu cầu hay không.

Ví dụ: Đo đường kính trung bình, bước răng, góc của răng... rồi kết hợp các kết quả đó lại mới xác định được đường kính trung bình của răng có ở trong phạm vi giới hạn hay không.

• *Phương pháp đo tổng hợp*: Chọn đo một thông số nào mà qua đó có thể đánh giá được chất lượng của sản phẩm.

Ví dụ: Kiểm tra ren bằng calíp đo ren (không cần kiểm tra các yếu tố riêng rẽ như đường kính, bước ren, góc xoắn, v.v.)

Phương pháp đo từng phần dùng để kiểm nghiệm dụng cụ và tìm nguyên nhân phế phẩm.

Phương pháp đo tổng hợp chủ yếu dùng để kiểm nghiệm sản phẩm, nghiệm thu hàng hoá.

Trong quá trình đo lường không thể tránh khỏi sai số. Sai số đo phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ chính xác, độ mòn của dụng cụ; phụ thuộc vào việc lựa chọn dụng cụ đo, phương pháp đo; phụ thuộc vào trình độ đo của người đo...

II. DỤNG CỤ ĐO KHẮC VẠCH

Dụng cụ đo khắc vạch được sử dụng rộng rãi trong các xưởng cơ khí. Nó bao gồm nhiều loại khác nhau và có thể phân ra hai loại chính:

- Thước có du xích.
- Thước không có du xích.

1. Dụng cụ đo không có du xích

Thước không có du xích gồm có thước cứng, thước lá, thước lá cuộn và thước dây, thường để đo những kích thước không cần có độ chính xác cao.

Thước cứng được dùng nhiều trong công việc vạch dấu, thước lá dùng trong việc vạch dấu, cưa cắt phôi, kiểm tra phôi..., thước lá cuộn và thước dây ít dùng trong sản xuất cơ khí.

Thước không có du xích sử dụng đơn giản, công việc đo kiểm nhanh, phạm vi rộng, vì vậy được sử dụng ở hầu hết các phân xưởng trong nhà máy cơ khí.

2. Dụng cụ đo có du xích

Thước có du xích có những đặc điểm sau:

- Độ chính xác cao hơn thước không có du xích. Thước có du xích dễ dàng đo được các kích thước chính xác tới 0,1mm; 0,05mm và 0,02mm (tuỳ theo cấu tạo du tiêu của từng loại thước).
- Sử dụng đơn giản, thuận tiện, có thể trực tiếp đo được các kích thước ngoài, đường kính trong, chiều dài, chiều rộng, chiều cao, chiều sâu...
- Phạm vi đo rất rộng, các kích thước trong phạm vi 100mm đều có thể đo được bằng các phương pháp đo tuyệt đối.

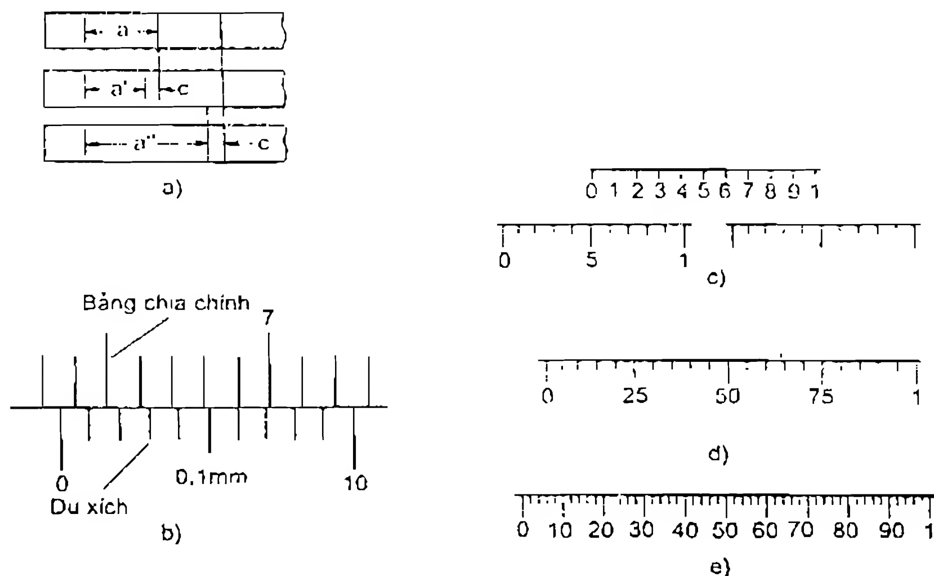
Do các ưu điểm trên nên trong các xưởng, các bộ phận kiểm nghiệm đều dùng nhiều loại thước có du xích. Thước có du xích gồm các loại: thước cặp, thước đo chiều sâu, thước đo chiều cao.

2.1. Dụng cụ đo kiểu thước cặp

Dụng cụ đo kiểu thước cặp gồm các loại thước cặp thông thường để đo trong, đo ngoài, thước cặp đo răng và các loại thước đo cao dùng để đo cao và lấy dấu. Dụng cụ này gồm hai phần cơ bản: Thân thước mang thước chính gắn với đầu đo cố định và thước động mang thước phụ còn gọi là du xích, gắn với đầu đo động. Khoảng cách giữa hai đầu đo là kích thước đo được đọc phần nguyên trên thước chính và phần lẻ trên thước phụ. Điểm "0" của thước phụ là vật chỉ thị để đọc giá trị trên thước chính; sau đó quan sát thấy hai vạch nào trên thước chính và thước phụ trùng nhau thì vạch chia trên thước chính sẽ chỉ cho ta số đọc phần lẻ trên thước phụ.

Nói chung thước chính có giá trị chia độ là 1mm. Giá trị chia của thước là giá trị chia của thước phụ, giá trị này phụ thuộc vào cấu tạo của từng thước, cơ bản là độ lớn của khoảng chia và số vạch chia trên thước phụ. Hình 3.2 mô tả cấu tạo các kiểu thước. Gọi khoảng chia trên thước chính là a, nếu muốn giá trị chia độ trên thước phụ là c thì vạch chia trên thước phụ sẽ là n với: $n = \frac{a}{c}$

Bởi vậy muốn thước chính có a = 1mm, nếu thước phụ có n = 20 vạch thì giá trị chia độ của thước $c = \frac{a}{n} = \frac{1}{20} = 0{,}05\,(mm)$. Trên hình 3.1 c, d, e là cấu tạo của thước phụ có c = 0,1mm, c = 0,05mm, c = 0,02mm. Giá trị đọc số trên hình 3.1 b là 63,6mm.



Hình 3.1

* *Chú ý khi đo:*

Phải kiểm tra xem mặt của vật đo có sạch không, tránh bề mặt của vật đo có ba via.

Khi đo vật có chiều dài, phải đo ở 3 vị trí thì kết quả đo mới chính xác.

Trường hợp phải lấy thước ra khỏi vị trí đo mới đọc được số đo thì phải dùng vít hãm cố định khung trượt với thân thước chính.

Cách bảo quản:

Không được dùng thước để đo vật đang quay.

Không được đo các bề mặt thô bẩn, không ép mạnh hai mỏ đo vào vật đo sẽ làm kích thước đo không chính xác.

Hạn chế lấy thước ra khỏi vật đo thì mới đọc trị số đo để mỏ thước đo đỡ bị mòn.

Thước đo xong phải đặt đúng vị trí trong hộp, không đặt thước chồng lên các dụng cụ khác hoặc đặt các dụng cụ khác lên thước.

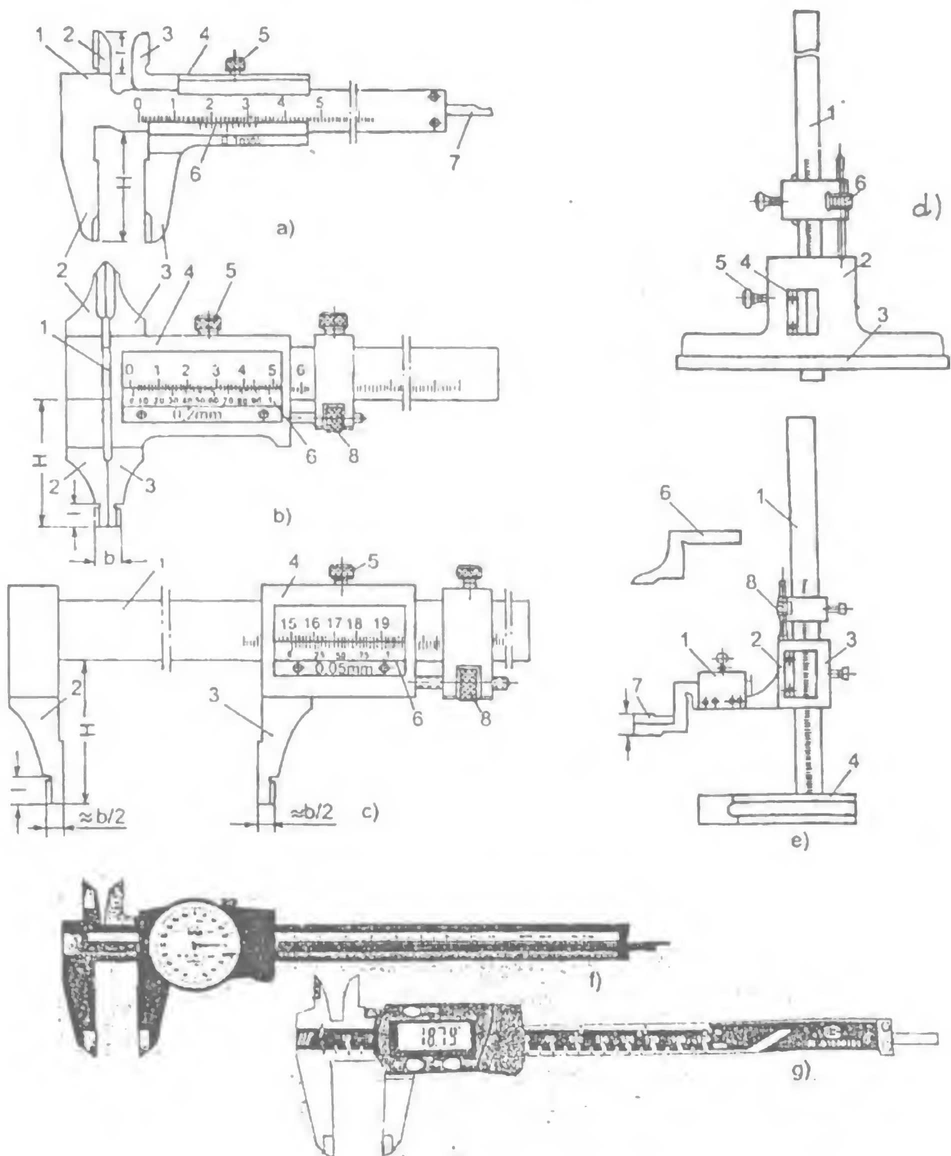
** Thước đo chiều sâu, chiều cao*

Thước đo chiều sâu chiều cao cũng là loại thước có du xích, về cấu tạo tương tự như thước cặp nhưng không có mỏ cố định (hình 3.2d, 3.2c)

Mỏ động của thước đo sâu là một thanh ngang, ở thước đo cao mỏ động có thể ngắt được mũi đo hoặc mũi gạch dấu.

Thân thước chính được lắp cố định trên một đế ngang. Giới hạn đo của thước đo sâu là: 100; 200; 250; 300; 350; 400 (mm) với độ chính xác là 0,1; 0,05; 0,02 (mm). Thước đo cao có giới hạn đo là: 200; 300; 500; 800; 1000 (mm) với độ chính xác là 0,1; 0,05; 0,02 (mm).

Để đọc số dễ dàng, chuyển vị của thước động có thể thông qua bộ truyền thanh răng bánh răng làm quay kim chỉ thị của đồng hồ trên bảng chia với khoảng chia lớn. Loại thước cặp có đồng hồ này có thể giá trị chia đến 0,01 mm. Chuyển vị của thước động có thể đưa vào bộ đếm có khí để tạo ra thước cặp hiện số cơ khí. Ngoài ra người ta còn tạo ra loại thước cặp hoặc thước đo cao hiện số kiểu điện tử bằng cách gắn thang chia chính trên thước tĩnh, đầu đọc trên thước động. Loại thước này có thể gắn với các bộ xử lý điện tử để cho ngay kết quả đo. Giá trị chia của thước này đến 0,01mm.



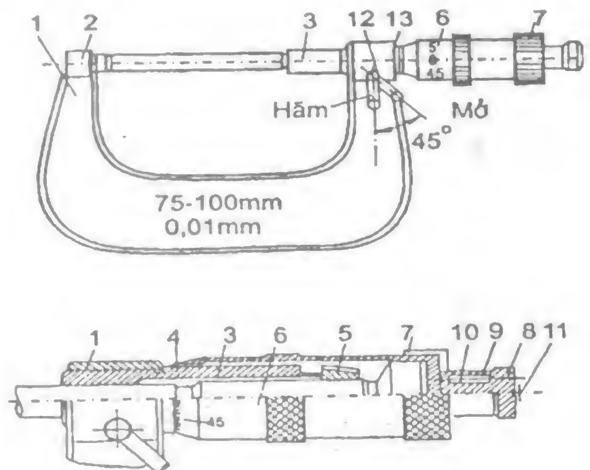
Hình 3.2: Các loại thước đo

a, b, c: Các loại thước cặp thông thường
d: Thước cặp độ sâu
e: Thước độ cao
f: Thước cặp đồng hồ
g: Thước cặp hiện số điện tử

2.2. Dụng cụ đo kiểu panme

Dụng cụ đo kiểu panme là loại dụng cụ đo có dùng bộ truyền vít - đai ốc để tạo chuyển động đo. Đầu đo động được gắn với trục vít và đai ốc gắn với giá cố định. Thông thường bước ren vít p = 0,5mm.

Trong hình 3.3; 3 là trục vít mang đầu đo động. Khi xoay nắm vặn, trục vít sẽ vừa quay vừa tịnh tiến. Chuyển vị của đầu đo được đọc nhờ bộ du xích vòng. Thước chính gồm 2 thang chia có giá trị chia 1mm đặt so le 0,5mm trên tang chia gắn với giá 1, thước phụ là 1 thang chia tròn trên bạc 6. Khi xoay nắm, 8 trục vít sẽ quay và tịnh tiến, đồng thời bạc 6 cũng quay và tịnh tiến theo. Mép côn của bạc chia 6 sẽ là vật chỉ thị cho phần đọc thô đến 0,5mm, còn vạch ngang trên thước chính sẽ chỉ cho ta phần đọc số lẻ trên bạc chia 6.



Hình 3.3: Dụng cụ đo kiểu panme

1 - Giá; 2 - Đầu đo cố định; 3- Trục vít; 4- Bạc; 5 - Đai ốc; 6- Bạc du xích; 7 - Bạc nắm vặn; 8- Núm vặn; 9- Chốt cóc; 10- Lò xo; 11- Vít hãm; 12 - Chốt hãm; 13 - Khoá hãm.

Cần chú ý: Trong nắm vặn 8 có cơ cấu cóc để đảm bảo lực đo cho dụng cụ. Khi áp lực đo đã đủ, cóc sẽ trượt. Không cho phép xoay bạc 6 khi đo vì sẽ làm tăng áp lực đo, nếu vặn quá có thể làm bạc 6 xoay tương đối với trục vít làm sai kết quả đo và sai điểm "0" của dụng cụ.

Giá trị chia độ của panme phụ thuộc vào bước ren vít, đường kính tang chia và số vạch chia trên bạc 4.

$c = \frac{p}{n}$; với p là bước ren, n là số vạch.

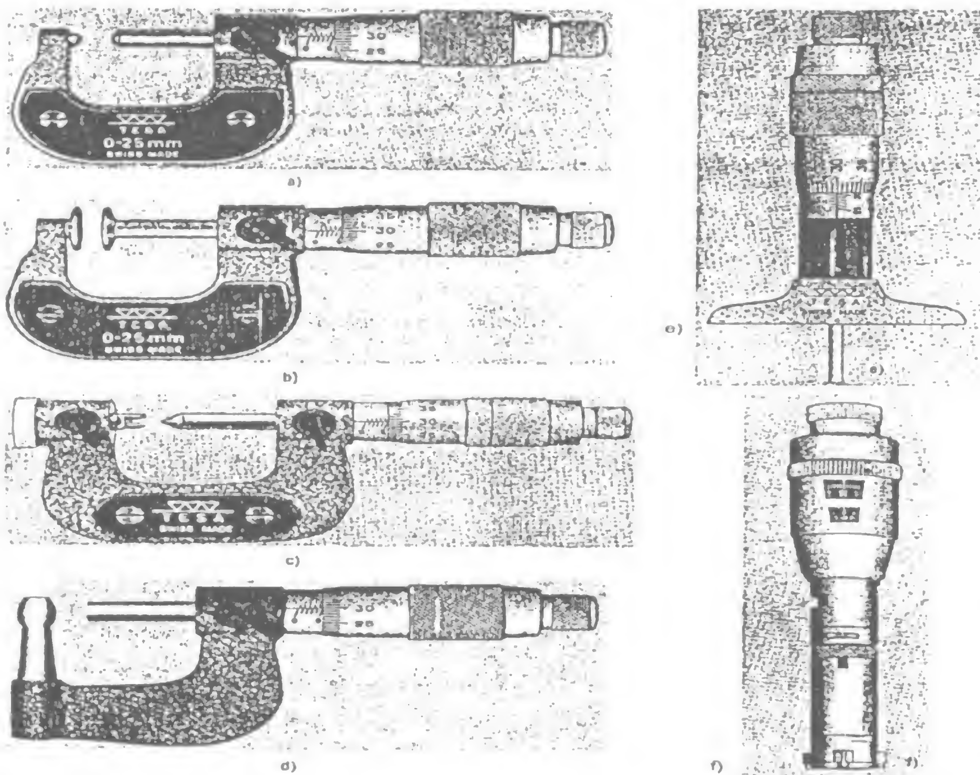
Khoảng chia của thước phụ là a

$a = \frac{\pi.d}{n}$; với d là đường kính tang chia

Khi tăng d, tăng số vạch n, giá trị chia sẽ nhỏ đi. Thông thường dùng p = 0,5mm, n = 50 sẽ có c = 0,01mm.

Với kiểu kết cấu này thường chỉ dùng c = 0,01mm, khi tăng d có thể dùng c = 0,005mm.

Các dụng cụ đo kiểu panme như: panme đo ngoài và đo trong, panme đo răng, panme đo ren, panme đo sâu, panme đo chiều dày thành ống. Hình 3.4 mô tả các loại panme đo.



Hình 3.4: Các loại panme:

a - Panme đo tấm mỏng; b - Panme đo răng; c- Panme đo ren;
d - Panme đo chiều dày thành ống; e - Panme đo sâu; f - Panme đo lỗ.

Để giảm sai số tích luỹ của truyền động ren vít, panme chỉ dùng hành trình hạn chế là 25mm. Vì thế mỗi panme chỉ có một phạm vi đo xác định, ví dụ: 0 - 25, 25 - 50, 50 - 75 chỉ cho phép hoạt động trong phạm vi đã ghi trên giá. Ngoài kiểu đọc số theo du xích vòng, panme cũng có loại đọc số theo kiểu hiện số cơ khí hoặc điện tử.

Chú ý khi đo:

- Trước khi đo phải kiểm tra xem panme có chính xác không bằng cách kiểm tra dùng căn mẫu và đọc số trên panme.
- Phải giữ đường tâm 2 mỏ trung và tâm của kích thước cần đo.
- Trường hợp phải lấy panme ra khỏi vị trí cần đo thì phải vặn đai ốc để hãm cố định đầu đo động trước lúc lấy panme ra.

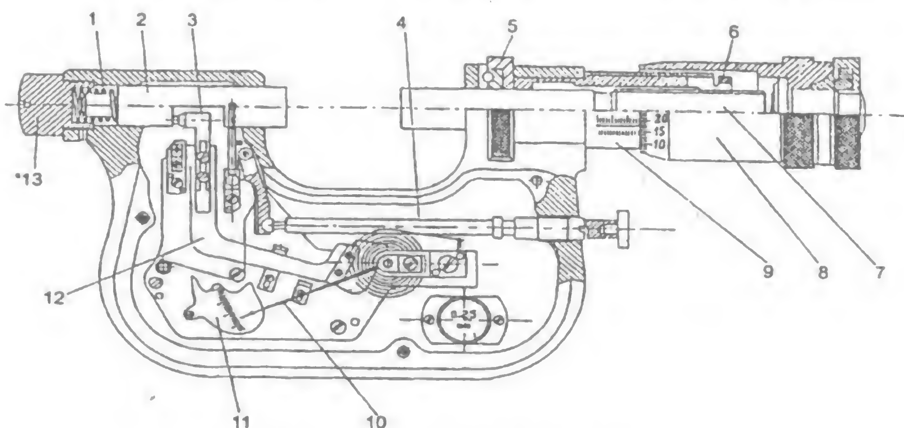
Cách bảo quản:

Không được dùng panme để đo vật đang quay.

Không được để các mặt thô, không vặn trực tiếp ống động để mỏ đo ép vào vật đo để tránh cho vít và đai ốc dẫn đến hỏng ren.

Trừ trường hợp cần thiết, không nên lấy thước ra khỏi vị trí đo mới đọc để giảm bớt ma sát giữa đầu đo và vật đo.

Để nâng cao độ chính xác của panme người ta dùng loại panme đồng hồ như hình 3.5. Trong đó trục panme gắn với đầu đo bán động 7. Đầu đo này được điều chỉnh trên phần nguyên của kích thước đo, phần lẻ của kích thước được đọc nhờ đồng hồ. Chuyển vị của đầu đo động 2 thông qua bộ truyền đòn - bánh răng được kim chỉ ra trên bảng 11. Kết cấu này có giá trị chia c = 0,002mm.



Hình 3.5: Cấu tạo panme đồng hồ:

1- Giá; 2- Đầu đo động; 3 - Đòn bẩy; 4 - Cơ cấu nâng hạ đầu đo; 5 - Khoá hãm; 6- Đai ốc điều chỉnh; 7 - Trục vít; 8 - Bạc du xích; 9- Tang chia; 10 - Kim chỉ thị; 11 - Bảng chia; 12 - Cung răng; 13 - Nút chỉnh lực đo.

III. DỤNG CỤ ĐO CÓ MẶT SỐ

1. Khái niệm

Dụng cụ đo có mặt số là một trong những loại máy đo có đòn bẩy cơ khí gồm có các loại: minhimét, paxamét, đồng hồ so, panme có đòn bẩy cơ khí.

Trong các máy đo, dùng chuyển động của bánh răng, thanh răng hoặc kết hợp đòn bẩy với bánh răng, thanh răng để khuyếch đại độ di động của đầu đo - tức là khuyếch đại độ biến đổi kích thước của vật đo, do đó đo được với độ chính xác cao hơn, có thể đến micrômét.

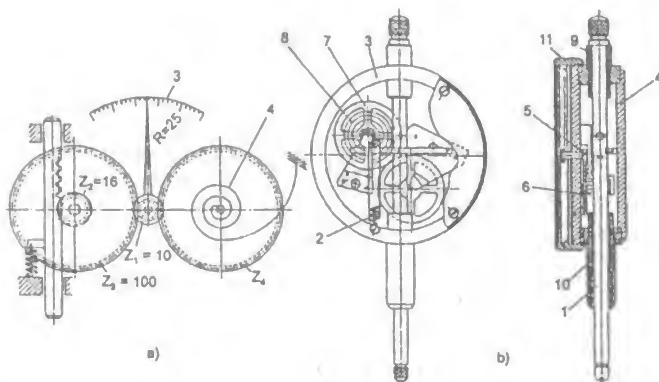
Trong phần này, ta tìm hiểu kỹ về đồng hồ so, là loại dụng cụ đo có mặt số được sử dụng rộng rãi trong các xưởng cơ khí.

2. Đồng hồ so

Đồng hồ so là dụng cụ chỉ thị thông dụng được dùng trong đo lường kiểm tra để chỉ ra các sai lệch khi gá lắp.

Với nguyên tắc cấu tạo khác nhau, đồng hồ so có thể có độ chính xác chỉ thị khác nhau.

Hình 3.6 a mô tả nguyên tắc làm việc của đồng hồ so có giá trị chia 0,01mm. Trục đo 1 mang thanh răng. Khi kích thước đo thay đổi, trục đo chuyển vị làm bánh răng Z_2 quay, bánh răng này lắp cố định đồng trục với bánh răng Z_3 làm bánh răng này quay, bánh răng Z_3 ăn khớp với bánh răng Z_1 làm Z_1 quay. Kim chỉ thị R gắn trên trục bánh răng Z_1 sẽ quay và chỉ thị chuyển vị trên bảng chia 3. Trong hình 3.6a, bánh răng Z_4 được tác dụng của dây lò xo xoắn 4 làm cho cả bộ truyền tiếp xúc 1 bên ổn định ngay cả khi trục đo lên hoặc xuống. Lò xo 2 dùng gây áp lực đo. Hình 3.6b là kết cấu của loại đồng hồ 0,01mm thông dụng.



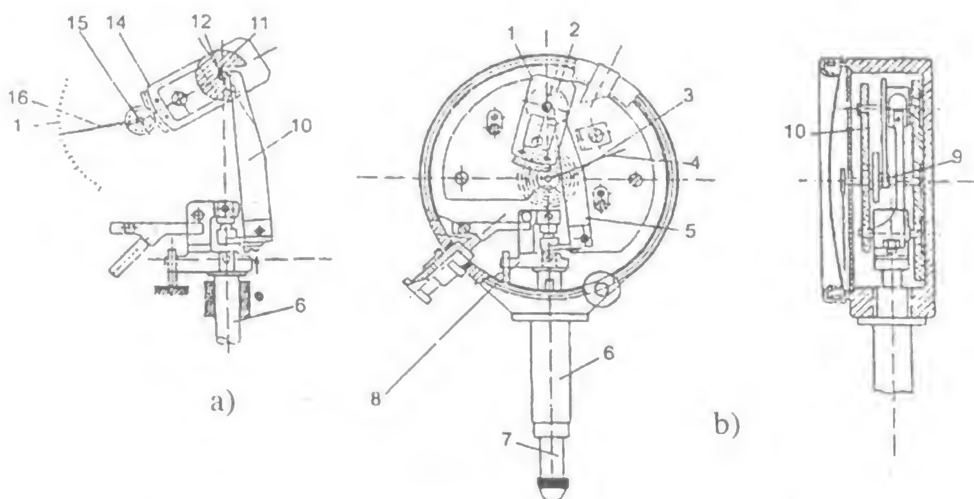
Hình 3.6: Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của đồng hồ so:

Hình 3.6b: 1 - Trục đo; 2 - Lò xo; 3 - Vỏ ; 4- Nắp; 5- Trục răng; 6- Bánh răng; 7- Bánh răng tóc; 8- Dây tóc; 9, 10- Bạc dẫn; 11 - Bạc mang bảng chia.

Đồng hồ so theo nguyên tắc này có giá trị chia 0,01mm với phạm vi đo 0 - 2, 0 - 5 và 0 - 10mm, có đường kính lắp (số 10) ϕ 8.

Muốn mở rộng phạm vi đo của đồng hồ so để có thể dùng đo theo phương pháp tuyệt đối người ta cần thay đổi kết cấu của lò xo 2 sao cho áp lực đo ít thay đổi trong suốt cả hành trình đo lớn. Phạm vi của đồng hồ có thể là: 0 - 20, 0 - 50, 0 - 100mm với c = 0,01mm, đường kính lắp Φ 8.

Trong xu thế phát triển mới, để đơn giản và nâng cao độ chính xác đo, người ta đơn giản hoá đến tối thiểu kết cấu truyền và khuếch đại chuyển vị, kết hợp với phương pháp chia nhỏ chuyển vị bằng các vi mạch điện tử tạo ra các đồng hồ so kiểu hiện số điện tử. Nguyên tắc cơ bản là kích thước chuẩn được gắn trên trục đo, đầu đọc điện tử được gắn trên vỏ cố định của đồng hồ. Phương án thiết kế mới này làm cho dụng cụ đo có kết cấu đơn giản, nhỏ gọn, có khả năng đạt độ chính xác cao.



Hình 3.7: Cấu tạo và nguyên tắc làm việc của đồng hồ so kiểu hiện số điện tử

Hình 3.7b: 1 - Cung răng; 2- Tấm mang chốt; 3- Dây tóc; 4- Kim chỉ thị; 5- Đòn bẩy; 6- Phần trụ lắp; 7- Khung chữ C; 9- Bánh răng; 10 - Bảng chia.

Để nâng cao độ chính xác chỉ thị của đồng hồ, người ta kết hợp bộ truyền đòn - bánh răng như sơ đồ 3.7.

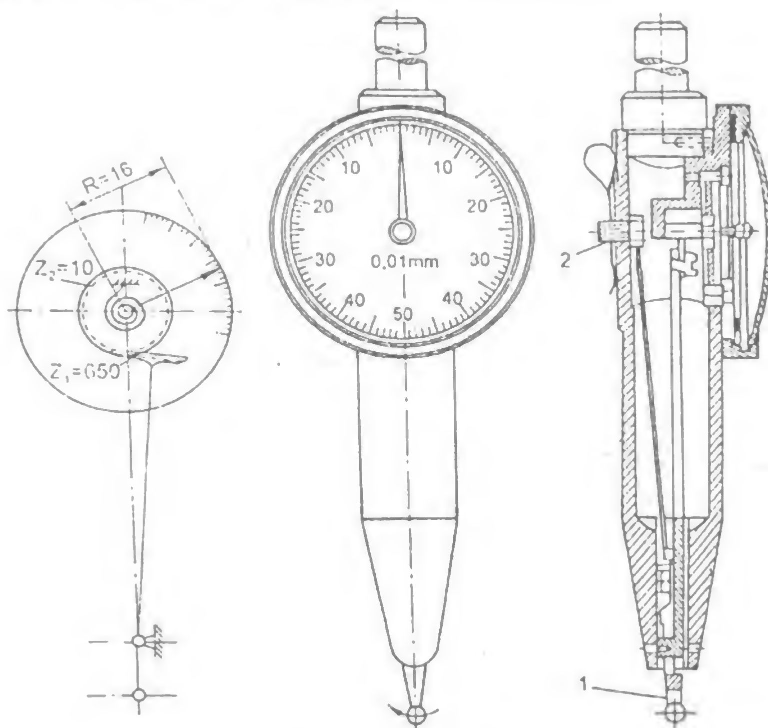
Hình 3.7 a là sơ đồ nguyên tắc làm việc:

Sự thay đổi của kích thước đo làm trục đo 6 chuyển vị. Khung chữ C lắp trên trục đo sẽ chuyển vị sang đòn 10 làm đòn này quay. Đòn 10 quay sẽ gạt

vào chốt cố định trên tấm 11. Tấm 11 lắp cố định với cung răng 14 quay quanh tâm 12. Cung răng 14 truyền chuyển vị sang bánh răng 15. Kim 16 gắn trên trục bánh răng 15 nên kim sẽ quay theo bánh răng 15 chỉ cho ta lượng chuyển vị của trục đo với độ khuếch đại 200 - 1000 lần. Giá trị chia có thể đạt 0,005 - 0,002 hoặc 0,001mm. Hình 3.7b là một loại kết cấu của loại đồng hồ, với đường kính lắp (số 6) là ϕ 8.

Để đảm bảo độ chính xác khi đo, dụng cụ đo có kết hợp bộ truyền đòn - bánh răng chỉ dùng trong miền đo hẹp.

Hình 3.8 mô tả nguyên tắc làm việc của loại đồng hồ đo chuyên dùng cho các chuyển vị nhỏ ở các vị trí khó đo, trong không gian hạn chế, ví dụ: đo độ đảo mặt đầu, đo độ đảo hướng kính mặt trong như đo độ đảo lỗ côn trong trục chính của máy tiện với tâm chuẩn, độ song song của rãnh hẹp... Đồng hồ này còn mang tên đồng hồ mặt đầu. Đặc điểm chính của loại đồng hồ này là phương chuyển vị của đầu đo vuông góc với phương giá của đồng hồ. Chuyển vị đo biến thành chuyển vị quay của đầu đo vì thế đảm bảo độ chính xác đo, chỉ cho phép dụng cụ đo trong miền hẹp với tỷ số truyền k = 100, giá trị chia c = 0,01 mm.



Hình 3.8: Đồng hồ mặt đầu

Để thuận lợi cho việc đo ở những vị trí đo khác nhau, người ta thiết kế cơ cấu đổi phương áp lực đo. Chốt số 2 dùng đổi phương áp lực đo. Để đề phòng quá tải trong lúc điều chỉnh hoặc khi đo, đầu đo 1 lắp sít với chốt dùng làm trục quay theo kiểu lắp đàn hồi. Khi bị quá tải đầu đo sẽ trượt trơn quanh trục, không gây tổn hại cho cơ cấu truyền động trong dụng cụ.

Câu hỏi ôn tập

1. Có các loại dụng cụ đo nào? Cho ví dụ?
2. Trình bày các phương pháp đo? Cho ví dụ cụ thể với mỗi phương pháp đo?
3. Thế nào là dụng cụ đo không có du xích và dụng cụ đo có du xích?
4. Hãy so sánh dụng cụ đo không có du xích và dụng đo có du xích?
5. Nêu công dụng và nguyên lý cấu tạo của thước cặp?
6. Những chú ý khi sử dụng thước cặp và cách bảo quản thước cặp?
7. Công dụng và nguyên lý cấu tạo của panme đo ngoài? Có những loại panme nào?
8. Những chú ý khi sử dụng panme và cách bảo quản panme?
9. Nêu cấu tạo và nguyên lý làm việc của đồng hồ so?

Bài tập

1. Nêu cách đọc trị số trên thước cặp: 1/10; 1/20; 1/50?
2. Hãy chọn loại thước cặp để kiểm tra các kích thước sau: 39, 90; 40, 025; 60, 05; 29,92; 99,58
3. Dùng thước cặp khi đo một kích thước có: Vạch số 28mm trên thân thước chính. Vạch thứ 8 trên du tiêu trùng với một vạch trên thân thước chính. Với : a = 1mm; n = 10. Hãy đọc kích thước đó?

Chương 4

ĐO LƯỜNG ĐIỆN

Mục tiêu

Nắm được cấu tạo và các nguyên lý làm việc của các cơ cấu đo thông dụng.

Nắm được phương pháp đo các đại lượng: điện áp, dòng điện, điện năng, công suất của mạch điện.

Nội dung tóm tắt

- Khái niệm chung.
- Các cơ cấu đo điện thông dụng.
- Đo dòng điện.
- Đo điện áp.
- Đo công suất.
- Đo điện năng.
- Đo điện trở.

I. KHÁI NIỆM CHUNG

1. Các định nghĩa

1.1. Đo lường

Là quá trình so sánh đại lượng chưa biết với đại lượng cùng loại đã biết chọn làm mẫu gọi là đơn vị đo.

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng:

$$A = \frac{X}{X_0} \text{ và } X = A.X_0 \qquad (4 - 1)$$

Trong đó: X - Đại lượng đo; X_0 - Đơn vị đo; A - Con số kết quả đo.

Ví dụ:

I = 5A; I - Dòng điện; 5 - Con số đo; A - Đơn vị đo.

1.2. Đại lượng học

Là ngành khoa học chuyên nghiên cứu để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu mẫu và đơn vị đo.

1.3. Kỹ thuật đo lường

Là ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu để áp dụng thành quả của đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống.

2. Khái niệm chung

2.1. Tín hiệu

Mang thông tin về giá trị của đại lượng đo lường được gọi là tín hiệu đo lường.

2.2. Đại lượng đo

Là thông số xác định quá trình vật lý của tín hiệu đo. Do quá trình vật lý có thể có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể người ta chỉ quan tâm đến một thông số nhất định, đó là đại lượng vật lí.

Đại lượng đo được phân làm hai loại:

- Đại lượng đo tiền định là đại lượng đo đã biết trước quy luật thay đổi theo thời gian của chúng.

- Đại lượng đo ngẫu nhiên là đại lượng đo mà sự thay đổi theo thời gian không theo một quy luật nhất định.

2.3. Thiết bị đo

Là thiết bị kỹ thuật dùng để thu thập, xử lý tín hiệu mang thông tin đó thành dạng tiện lợi cho người sử dụng.

Ví dụ: Đồng hồ đo nhiệt độ, máy đo độ ồn...

Thiết bị đo có nhiều loại: thiết bị mẫu, các chuyển đổi đo lường, các dụng cụ đo, tổ hợp thiết bị đo và hệ thống thông tin đo lường.

2.4. Phương pháp đo

Là những phương pháp dùng tiến hành thông qua các thao tác cơ bản để thu thập các thông tin cần thiết sau quá trình đo.

Các thao tác cơ bản:

+ Thao tác xác định mẫu và thành lập mẫu.

+ Thao tác so sánh

+ Thao tác biến đổi

+ Thao tác thể hiện kết quả hay chỉ thị.

2.5. Sai số đo

Khi đo, số chỉ của dụng cụ đo (tức là số đo) ít nhiều đều có sai lệch so với giá trị thực tế của đại lượng cần đo. Gọi số chỉ thị của dụng cụ đo là A_1 và giá

trị thực của đại lượng cần đo là A thì hiệu $\Delta A = A_1 - A$ gọi là sai số tuyệt đối của phép đo. Tỷ số (tính theo phần trăm) giữa sai số tuyệt đối với giá trị đo được hoặc giá trị thực được gọi là sai số tương đối của phép đo.

$$\gamma_A = (\Delta A/A_1).100\% \approx (\Delta A/A).100\% \quad (4\text{-}2)$$

Ví dụ: Đo dòng điện bằng Ampe - mét, thấy chỉ $I_1 = 30$ A. Kiểm tra bằng dụng cụ mẫu thấy giá trị thực của dòng điện I = 29A. Tính sai số tuyệt đối của phép đo.

Giải:

Ta có sai số tuyệt đối của phép đo là

$\Delta I = I_1 - I_2 = 30 - 29 = 1$ (A)

Sai số tương đối của phép đo là

$$I = \frac{I}{I_1}.100\% = (1/30).100\% = 3{,}33\%$$

Ta nhận thấy vì A_1 và A phụ thuộc vào từng phép đo cụ thể nên sai số tương đối tính theo (4-2) không thể hiện đặc trưng được độ chính xác của dụng cụ đo, người ta phải dùng một loại sai số khác gọi là sai số quy đổi. Mỗi dụng cụ đo có một giới hạn lớn nhất mà nó có thể đo được gọi là giới hạn đo (trên) hay cỡ đo của dụng cụ đo. Tỉ số giữa sai số tuyệt đối với cỡ đo của dụng cụ đo gọi là sai số quy đổi của phép đo ứng với dụng cụ đo đã sử dụng.

$$\gamma_{qd} = \frac{\Delta A}{A_{dm}} 100\% \quad (4\text{-}3)$$

Trong đó : γ_{qd} - Là sai số quy đổi.

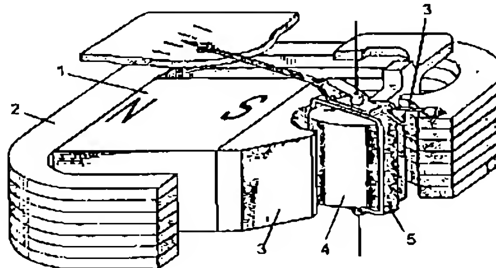
A_{dm} - Là cỡ đo của dụng cụ đo.

II. CÁC CƠ CẤU ĐO ĐIỆN THÔNG DỤNG

1. Cơ cấu đo từ điện

1.1. Cấu tạo

Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có hai phần cơ bản: Phần tĩnh và phần động (Hình 4.1).



Hình 4.1. Cơ cấu chỉ thị từ điện

- Phần tĩnh của cơ cấu đo kiểu từ điện gồm có: nam châm vĩnh cửu 1, mạch từ 2, cực từ 3 và lõi sắt 4 tổng hợp lại hình thành mạch từ kín. Giữa cực từ 3 và lõi 4 có khe hở không khí.

- Phần động của cơ cấu đo kiểu từ điện gồm có: Khung dây 5 được quấn bằng dây đồng có đường kính 0,03 ÷ 0,07mm. Khung dây được gắn vào trục (hoặc dây căng, dây treo), quay và di chuyển trong khe hở không khí giữa cực từ 3 và lõi 4.

- Nam châm được chế tạo bằng các hợp kim vonfram, hợp kim crom v.v. Có trị số từ cảm từ 0,1 ÷ 0,12 Tesla và từ 0,2 ÷ 0,3 Tesla.

1.2. Nguyên lý làm việc

Khi có dòng điện chạy qua khung dây, dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu, khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc α. Từ đó để xác định được các thông số cần đo ta phải tìm được giá trị mômen quay mà nó sinh ra. Mômen quay được tính theo biểu thức.

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} \qquad (4 - 4)$$

W_e - Năng lượng điện từ tỷ lệ với độ lớn của từ thông trong khe hở không khí và dòng điện chạy trong khung dây.

$W_e = \phi.I$ (4 - 5)

Mà ta có $\phi = B.S.N.\alpha$ (4 - 6)

Trong đó:

B - Độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu.

S - Tiết diện khung dây.

N - Số vòng của khung.

α - Góc lệch của khung khỏi vị trí ban đầu.

Thay (4 - 5) vào (4 - 4) ta có:

$$M_q = \frac{d(\phi I)}{d\alpha} = \frac{d(BSW\alpha I)}{d\alpha} = B.S.N.I \qquad (4 - 7)$$

Do B, S, N, D là hằng số nên góc lệch α tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I. Từ biểu thức ta thấy cơ cấu từ điện chỉ có thể đo được dòng điện một chiều, thang đo đều nhau, độ nhạy $S_I = \frac{1}{D}BWS$ là một hằng số không đổi.

D: là khoảng cách giữa 2 cạnh khung dây.

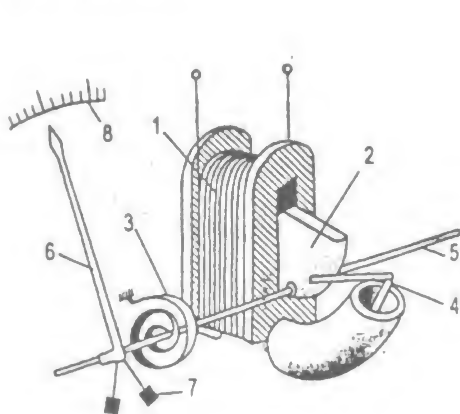
1.3. Đặc điểm của cơ cấu kiểu từ điện

Cơ cấu đo kiểu từ điện có một số ưu điểm so với các loại khác như: Từ trường của cơ cấu mạnh nên ít chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, tổn thất điện năng trong cơ cấu ít nên độ chính xác cao (0,05), độ nhạy lớn nên có thể chế tạo các điện kế, đo dòng điện 1 chiều rất nhỏ (từ 16^{-12} đến 10^{-14}); góc quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện nên thang chia đều.

Nhược điểm: Khả năng quá tải kém (vì tiết diện của phần dây động rất nhỏ), việc chế tạo khó và giá thành đắt. Mômen quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện nên chỉ đo được các đại lượng điện một chiều. Cơ cấu đo kiểu từ điện thường dùng trong các dụng cụ đo như: điện kế, moniampe mét, ampemet, vôn mét, avômét (vạn năng kế).

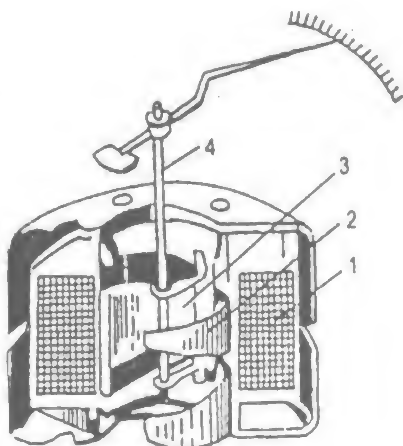
2. Cơ cấu đo điện từ

2.1. Cấu tạo



Hình 4.2.a.

1. Cuộn dây dẹt. *5. Trục quay*
2. Lõi thép. *6. Kim chỉ*
3. Lò xo cản. *7. Đối trọng*
4. Cản dịu. *8. Thang đo*



Hình 4.2.b.

1. Cuộn dây.
2. Tấm kim loại tĩnh.
3. Tấm kim loại động.
4. Trục quay

Hình 4.2. Cơ cấu chỉ thị điện từ cuộn dây dẹt (a) và cuộn dây tròn (b)

Cơ cấu chỉ thị điện từ được phân thành 2 loại: cuộn dây dẹt và cuộn dây tròn.

Cuộn dây dẹt phần tĩnh là một cuộn dây phẳng 1, bên trong có khe hở không khí. Phần động là lõi thép 2 được gắn trên trục 5, lõi thép có thể quay tự do trong khe hở không khí.

Cuộn dây tròn phần tĩnh là cuộn dây có mạch từ khép kín 1, bên trong bố trí tấm kim loại cố định 2, tấm đồng 3 gắn với trục quay.

2.2. Nguyên lý làm việc

- Đối với cuộn dây dẹt: Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây, cuộn dây sẽ tạo thành một nam châm điện hút lõi 2 vào khe hở không khí tạo thành mômen quay (M_q).

- Đối với cuộn dây tròn: Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ xuất hiện từ trường và từ hoá các tấm kim loại tĩnh và động để tạo thành nam châm. Giữa các tấm kim loại hình thành lực đẩy lẫn nhau và xuất hiện mômen quay (M_q).

Ta có: $$M_q = \frac{d(\phi I)}{d\alpha} \quad (4 - 8)$$

$$W_e = \frac{LI^2}{2} \quad (4 - 9)$$

Trong đó:

L - Điện cảm cuộn dây.

I - Dòng điện chạy trong cuộn dây.

Khi ở vị trí cân bằng: $M_q = M_c$

Ta có: $$\frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} = D\alpha \quad (4 - 10)$$

Ta có α rút từ biểu thức (4 - 10) từ đó nhận thấy góc α của cơ cấu không phụ thuộc vào chiều dòng điện nên có thể đo được dòng điện một chiều và xoay chiều.

2.3. Đặc điểm của cơ cấu đo kiểu điện từ

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu điện từ là cấu tạo rất đơn giản, cuộn dây tĩnh nên chắc chắn, có thể quấn dây cỡ to hay cỡ nhỏ tuỳ ý, nhờ đó khả năng quá tải lớn, chế tạo cỡ đo lớn mà không cần thiết bị phụ như Sum (Sum - điện trở phụ). Khi đo dòng điện xoay chiều, mômen quay không đổi chiều vì khi cuộn dây bị từ hoá, lực hút lõi thép luôn luôn hướng vào lòng cuộn dây là nơi có năng lượng từ trường lớn nhất, nên cơ cấu này đo được dòng điện xoay chiều.

Nhược điểm của cơ cấu đo kiểu điện từ là từ trường ngoài gây ra sai số, lại có tổn hao dòng phucô và sai số từ trễ, nên độ chính xác thấp, mặt số của cơ cấu này không đều.

Cơ cấu chỉ thị điện từ được dùng rộng rãi làm dụng cụ đo dòng điện và điện áp xoay chiều, chủ yếu dùng trong sản xuất và trong thí nghiệm. Nó còn

được dùng để chế tạo vônmét, ampemet trong mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp với độ chính xác cấp 1 ÷ 2.

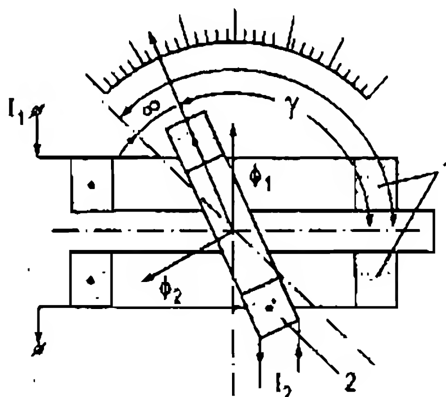
3. Cơ cấu đo điện động

3.1. Cấu tạo

Cơ cấu chỉ thị điện động gồm có cuộn dây phần tĩnh 1 được chia thành hai phần nối tiếp nhau để tạo ra từ trường đều khi có dòng điện chạy qua. Phần động là khung dây 2 đặt trong cuộn dây tĩnh và gắn trên trục quay. Hình dạng cuộn dây có thể tròn hoặc vuông. Cả phần động và phần tĩnh bọc kín bằng màn chắn từ để tránh ảnh hưởng của từ trường ngoài đến sự làm việc của cơ cấu chỉ thị.

3.2. Nguyên lý làm việc

Khi cho dòng điện chạy qua cuộn dây tĩnh, trong cuộn dây xuất hiện từ trường. Từ trường tác động lên dòng điện chạy trong khung dây và tạo nên mômen quay làm phần động quay một góc α.



Hình 4.3. Cơ cấu chỉ thị điện động

$$M_q = \frac{d(\phi I)}{d\alpha}$$

Nếu dòng điện đi vào các cuộn dây là dòng một chiều I_1 và I_2 thì

$$W_e = \frac{1}{2}L_1 I_1^2 + \frac{1}{2}L_2 I_2^2 + M_{12} I_1 I_2 \qquad (4\text{- }11)$$

Trong đó:

L_1, L_2 - Điện cảm của cuộn dây tĩnh và động.

M_{12} - Hỗ cảm giữa hai cuộn dây.

I_1, I_2 - Dòng điện một chiều chạy trong cuộn dây tĩnh và động.

Do L_1 và L_2 không thay đổi khi khung dây quay trong cuộn dây tĩnh do đó đạo hàm của chúng theo góc α bằng không và ta có:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \qquad (4 - 12)$$

Khi ở vị trí cân bằng: $M_q = M_c$

$$I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = D\alpha$$

Ta có : $\alpha = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \frac{1}{D}$

Khi cuộn dây tĩnh và cuộn động mắc nối tiếp nhau ta có $I_1 = I_2 = I$.

$$\alpha = I^2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \frac{1}{D} \qquad (4 - 13)$$

Với i_1 và i_2 là dòng xoay chiều ta có mômen quay sau:

$$M_{qtb} = \frac{1}{T} \int_0^t m_{qtb} dt \qquad (4 - 14)$$

Ta thấy rằng nếu $i_1 = I_{1m}\sin\omega t$ còn $i_2 = I_{2m}\sin(\omega t - \varphi)$ ta thay hai biểu thức cường độ dòng điện xoay chiều vào biểu thức (4 - 14) ta có:

$$M_{qtb} = \frac{1}{T} \int_0^t I_{1m} I_{2m} \sin\omega t.\sin(\omega t - \varphi) \frac{dM_{12}}{d\alpha} dt$$

Rút gọn ta có:

$$M_{qtb} = \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \cos\varphi \qquad (4 - 15)$$

Trong đó:

- φ là góc lệch giữa hai cường độ dòng điện I_1 và I_2.

Từ công thức (4 - 15) ta có thể tính được mômen quay của thiết bị khi biết được hai dòng điện I_1 và I_2.

Ta xét ở điều kiện cân bằng khi:

$M_q = M_c$ thì lúc đó giá trị của góc lệch α là:

$$\alpha = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \frac{1}{D} \cos\varphi \qquad (4 - 16)$$

3.3. Đặc điểm của cơ cấu đo kiểu điện động

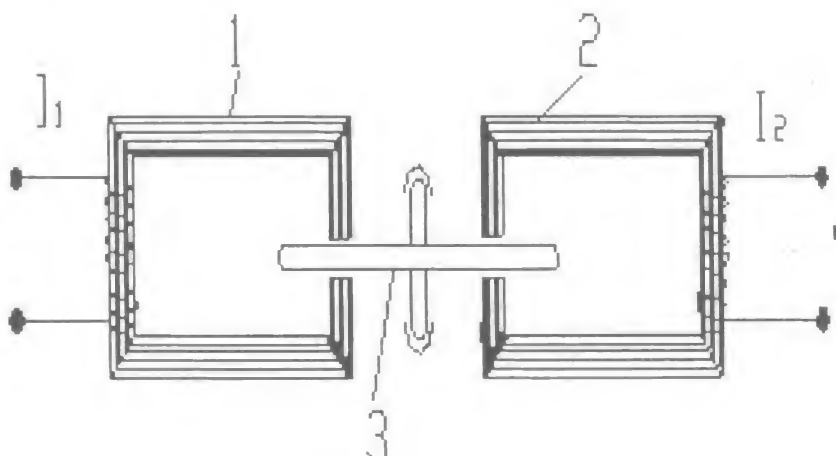
Ưu điểm nổi bật của cơ cấu đo điện động là không có lõi thép nên độ chính xác khá cao. Nó đo được cả điện xoay chiều và một chiều, và dễ dàng chế tạo

thành các dụng cụ đo các đại lượng khác nhau (như ampe - mét, vôn- mét, oát mét) nhờ có công thức góc quay tỷ lệ với tích hai dòng điện và cosin của góc lệch pha giữa chúng.

Nhược điểm chủ yếu của hệ thống này là từ trường ngoài làm giảm độ chính xác, người ta phải giảm nhỏ trọng lượng phần động, giảm ma sát gối trục, làm màn chắn từ hoặc chế tạo theo kiểu vô hướng nhằm chống ảnh hưởng của từ trường ngoài.

4. Cơ cấu đo điện cảm ứng

4.1. Cấu tạo



Hình 4.4. Cơ cấu đo điện cảm ứng

Cơ cấu đo điện cảm ứng được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

Cấu tạo: gồm có hai phần, phần động và phần tĩnh.

- Phần động là một đĩa nhôm 3 được gắn trên trục quay.
- Phần tĩnh là 2 cuộn dây quận trên lõi thép 1 và 2. Khi có dòng điện đi qua các cuộn dây tạo ra từ trường móc vòng qua lõi thép và phần động.

4.2. Nguyên lý làm việc

Khi có dòng điện I_1 và I_2 đi vào các cuộn dây phần tĩnh, chúng tạo ra từ thông ϕ_1 và ϕ_2, các từ thông này xuyên qua đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng E_1, E_2 lệch pha với ϕ_1 và ϕ_2 một góc $\pi/2$ và

các dòng điện xoáy I_{12}, I_{22}. Do sự tác động tương hỗ giữa từ thông ϕ_1, ϕ_2 và dòng xoay chiều I_{12}, I_{22} tạo thành mômen làm quay đĩa nhôm.

Momen quay M_P là tổng các mômen thành phần:

$$M_P = C_1\phi_1 I_{22}\sin\psi + C_2\phi_2 I_{12}\sin\psi \quad (4\text{-}17)$$

Trong đó:

ψ - Là góc lệch giữa ϕ_1 và ϕ_2.

C_1, C_2 - Là hệ số.

Nếu dòng điện tạo ra ϕ_1 và ϕ_2 là hình sin và đĩa có cấu tạo đồng nhất thì dòng xoay chiều I_{12}, I_{22} tỉ lệ với tần số f và từ thông sinh ra nó:

$$I_{12} = C_3 f\phi_1 \text{ và } I_{22} = C_4 f\phi_2 \quad (4\text{- }18)$$

Trong đó:

f - Là tần số của dòng điện.

C_3, C_4 - Là hệ số.

Thay (4 - 18) vào (4 - 17) ta được:

$$M_q = Cf\phi\phi_1\phi_2\sin\psi \quad (4\text{ - }19)$$

Với $C = C_2C_3 + C_1C_4$

III. ĐO DÒNG ĐIỆN

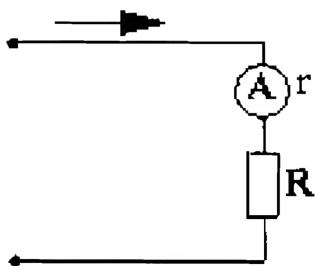
1. Phương pháp đo

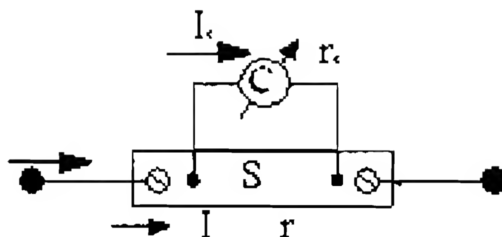
Dụng cụ đo dòng điện đọc số thẳng là Ampe-mét. Ampe-mét mắc nối tiếp trong mạch (Hình 4.5) để đo dòng điện I đi qua nó. Khi mắc Ampe-mét vào mạch điện trở tương đương toàn mạch tăng lên một lượng bằng điện trở trong của Ampe-mét r_a và gây ra sai số. Để đảm bảo chính xác, điện trở Ampe-met phải nhỏ.

Mặt khác khi đo Ampe-mét tiêu thụ một công suất $P_a = I^2.r_a$.

Để giảm nhỏ tổn hao thì nội trở Ampe-mét phải nhỏ, và giới hạn đo càng lớn thì nội trở Ampe-mét phải càng nhỏ.

Ampe-met đơn giản nhất là một cơ cấu đo. Khi dòng điện cần đo vượt quá giới hạn đo của cơ cấu, người ta phải mở rộng cỡ đo cho Ampe-mét bằng điện trở phân mạch còn gọi là sun.





Hình 4.5. Mắc Ampe-mét trong mạch đo.

Hình 4.6. Sơ đồ mắc sun để mở rộng thang đo cho Ampe-mét

2. Mở rộng thang đo

Hình 4.6 là sơ đồ một Ampe-mét có mắc sun để mở rộng cỡ đo. Sun được mắc song song với cơ cấu đo C, thường là cơ cấu từ điện. Dòng điện cần đo I đi vào Ampe-mét phân làm hai thành phần: I_s qua sun và I_c qua cơ cấu.

Ta biết dòng điện trong các nhánh song song tỷ lệ nghịch với điện trở của chúng:

Ta có tỷ lệ sau:

$$\frac{I_S}{I_C} = \frac{r_C}{r_S}$$

Theo tính chất của tỷ lệ thức: $\dfrac{I_S + I_C}{I_C} = \dfrac{r_C + r_S}{r_S}$

Biết: $I = I_S + I_C$

$$\frac{I}{I_C} = \frac{r_C + r_S}{r_S} = n_I \qquad (4 - 20)$$

Trong đó: n_I - được gọi là bội số sun, nó cho biết khi mắc sun thì cỡ đo của Ampe-mét được mở rộng bao nhiêu lần so với chưa mắc sun.

Sun được chế tạo thành loại một cỡ và nhiều cỡ (ứng với Ampe-mét có nhiều cỡ đo), và có thể đặt trong Ampe-mét, gọi là sun trong, hoặc thành một bộ phận đi kèm với Ampe-mét, gọi là sun ngoài. Sun ngoài có 4 cực đấu dây: 2 cực nhỏ gọi là cực điện áp để đấu với Ampe-mét, hai cực to gọi là cực dòng điện để đấu với mạch cần đo dòng điện (hình 4.6). Khi sử dụng cần đặc biệt chú ý đấu đúng các cực để tránh sai số và làm hỏng cơ cấu đo.

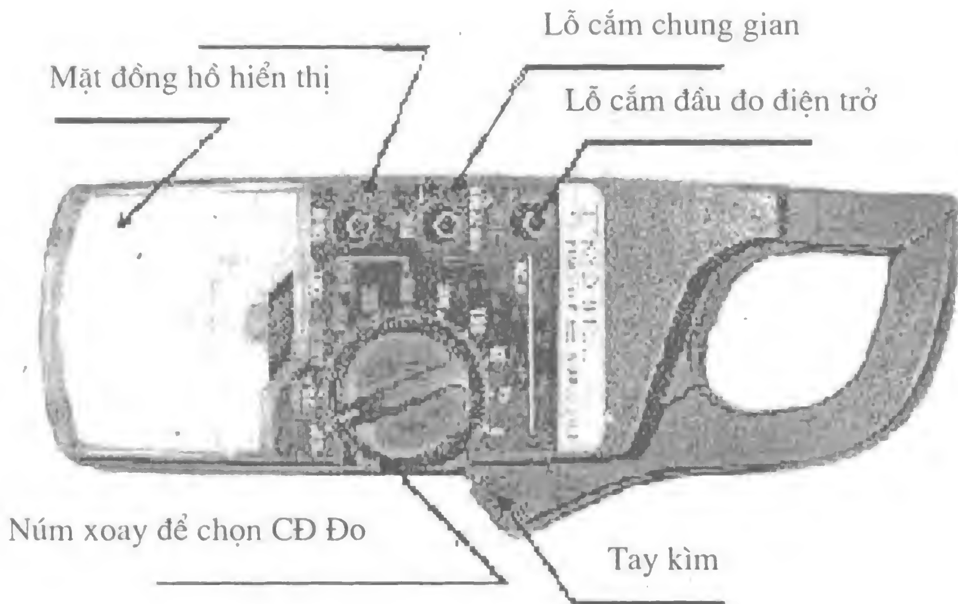
3. Ampe kìm

3.1. Công dụng

Ampe kìm được sử dụng để đo dòng điện gián tiếp trong mạch điện xoay chiều mà không cần mắc thiết bị đo nối tiếp với phụ tải tiêu thụ điện.

3.2. Nguyên lý cấu tạo

Ampe kìm có những bộ phận cơ bản như sau *(Hình 4.7)*



Hình 4.7. Hình dạng bên ngoài của Ampe kìm

- Vỏ thiết bị thường bằng vật liệu cách điện, không thấm nước, bền chắc, bảo vệ các linh kiện bên trong thiết bị.

- Mặt đồng hồ:

+ Nếu là màn hình tinh thể lỏng thì giá trị đo được hiển thị bằng số.

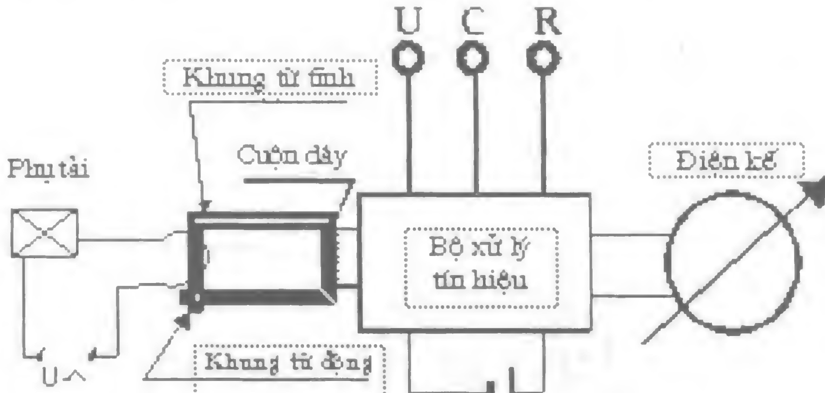
+ Nếu là mặt số thì có các thang đo: Dòng điện xoay chiều (A), điện áp xoay chiều (VAC), điện áp một chiều (VDC), điện trở (Ω).

- Núm xoay điều chỉnh chế độ đo gồm: đo dòng điện, đo điện áp, đo điện trở. Đồng hồ Ampe kìm thường có nhiều chế độ đo. Ở mỗi chế độ đo sẽ có các thang đo ứng với các khoảng giá trị đo khác nhau để tăng độ chính xác của phép đo.

- Các Jăc cắm que đo gồm có: Jăc chung (C), Jăc đo điện áp (V), Jăc đo điện trở (Ω).

- Khung từ tĩnh và khung từ động có thể đóng mở để đóng hay ngắt mạch từ.

3.3. Nguyên lý làm việc



Hình 4.8. Sơ đồ mạch điện Ampe kìm

- Khi đo dòng điện: Do đặc điểm cấu tạo, khi khung từ động đã khép kín mạch từ, có dòng điện I_1 chạy qua dây dẫn nguồn của thiết bị tiêu thụ điện (cuộn sơ cấp). Theo nguyên lý làm việc của máy biến áp thì trong cuộn dây thứ cấp sẽ sinh ra một suất điện động cảm ứng có dòng điện thứ cấp I_2. Giá trị của dòng điện I_2 phụ thuộc vào độ lớn của dòng điện I_1 và tỷ số giữa vòng dây sơ cấp W_1 và vòng dây W_2. Với giá trị W_1 luôn luôn bằng 1, nên ta có biểu thức:

$$\frac{I_1}{I_2} = W_2$$

Như vậy giá trị W_2 chính là tỷ số biến dòng mà dựa vào đó người ta sẽ thiết kế các loại đồng hồ có các dải đo dòng điện khác nhau. Dòng điện thứ cấp sau khi qua bộ xử lý và khuếch đại, sẽ được đưa đến bộ hiển thị.

- Khi đo điện áp: Điện áp cần đo sẽ được đưa trực tiếp vào thiết bị qua các đầu đo, sau khi qua bộ xử lý và khuếch đại, giá trị điện áp đo được sẽ được chuyển thành các tín hiệu phù hợp để đưa tới bộ hiển thị

- Khi đo điện trở: Giá trị điện trở cần đo được xác định gián tiếp bởi dòng điện đi qua nó, dòng điện này được đưa vào thiết bị qua các đầu đo, rồi qua bộ xử lý và khuếch đại sẽ được đưa đến bộ hiển thị.

3.4. Sử dụng Ampe kìm

** Khi đo dòng điện:*

- Chỉnh kim đồng hồ về giá trị 0 bằng vít chỉnh.

- Lựa chọn thang đo phù hợp với dòng điện qua phụ tải (giá trị này thường được xác định dựa theo công suất của thiết bị tiêu thụ điện). Trường hợp khó xác định giá trị dòng điện cần đo thì nên để núm điều chỉnh ở thang đo lớn nhất để tránh làm hư hại đồng hồ. Sau đó chuyển dần thang đo về giá trị thấp hơn để được kết quả đo chính xác.

- Sau khi đã chọn được thang đo, mở khung từ động và nhẹ nhàng lồng khung từ qua dây dẫn đang có dòng điện cần đo, khép khung từ lại để dây dẫn nằm gọn trong mạch từ và đọc số chỉ trên đồng hồ. Chú ý chỉ kẹp riêng một pha của mạch điện và khung từ động phải khép sát hoàn toàn với nhau thì giá trị đo được mới đảm bảo độ chính xác.

** Khi đo điện áp:*

- Xác định điện áp cần đo là điện áp xoay chiều (AC) hay một chiều (DC).

- Đặt thang đo phù hợp với giá trị điện áp cần đo, thường thang đo điện áp có các dải từ 0 đến 150V, 300V và 600V.

- Cắm que đo vào vị trí đo điện áp, đầu C và V.

- Đặt hai đầu que đo vào hai điểm cần đo điện áp (nếu đo điện áp một chiều cần chú ý tới cực của que đo), sau đó đọc số chỉ trên đồng hồ.

- Không thay đổi thang đo khi hai đầu que đo đang có điện áp, sẽ có khả năng làm hư hại các chi tiết trong đồng hồ.

* Khi đo điện trở:

- Xoay núm điều chỉnh về thang đo điện trở, nếu giá trị điện trở cần đo nhỏ đặt ở thang X1, nếu giá trị cần đo lớn hơn đặt ở thang X10, X100, X1K.

- Cắm que đo vào vị trí đo điện trở, đầu C và Ω.

- Chập hai que đo dùng núm điều chỉnh, chỉnh cho kim đồng hồ về vị trí "0".

- Đặt hai đầu que đo vào hai đầu điện trở cần đo, sau đó đọc trị số trên đồng hồ.

3.5. Bảo quản Ampe kìm

- Khi sử dụng xong nên tháo các que đo ra khỏi đồng hồ, núm điều chỉnh chế độ đo nên đặt ở vị trí cao nhất của thang đo điện áp hoặc vị trí OFF. Khi không sử dụng thiết bị lâu nên tháo pin ra khỏi đồng hồ.

- Bảo quản đồng hồ ở nơi khô ráo, tránh nhiệt độ cao, ánh nắng trực tiếp và không có bụi bẩn, các loại khí ăn mòn.

IV. ĐO ĐIỆN ÁP

1. Phương pháp đo

Dùng phương pháp so sánh: Là phương pháp đo có độ chính xác cao, trong đó điện áp cần đo được so sánh với điện áp rơi trên điện trở mẫu (còn gọi là phương pháp bù). Điện áp U_k (điện áp mẫu) có độ chính xác cao được tạo bởi dòng điện I (dòng điện ổn định) qua điện trở mẫu R_k: $U_k = I_k$. Chỉ thị không là dụng cụ phát hiện sự chênh lệch điện áp $\Delta U = U_x - U_k$ (có độ nhạy cao). Khi $\Delta U \neq 0$ điều chỉnh con chạy D của điện trở mẫu R_k sao cho $U_x = U_k$ tức là $\Delta U = 0$. Trên điện trở mẫu R_k người ta khắc độ điện áp giá trị cần đo.

Các dụng cụ đo điện áp bằng phương pháp so sánh gọi là điện thế kế. Có nhiều loại điện thế kế nhưng trong thực tế người ta thường dùng điện thế kế một chiều, tự động cân bằng để đo sức điện động của các cặp nhiệt điện đo nhiệt độ (Hình 4.8).

Mạch chính của điện thế kế là mạch cầu gồm có R_p là biến trở, R_N là điện trở mẫu có độ chính xác cao và các điện trở R_1, R_2, R_3. Mạch cầu được cung cấp bằng nguồn U_0 và điều chỉnh dòng làm việc qua điện trở điều chỉnh $R_{đ/c}$. Ngoài ra mạch còn có bộ điều chế thực hiện biến điện áp một chiều ở đầu ra của cầu (ΔU) thành điện áp xoay chiều. Động cơ thuận nghịch hai chiều để kéo con chạy R_p. Trước khi đo khoá k được đặt ở vị trí kiểm tra (KT). Khi đo dòng điện I_2 chạy qua điện trở mẫu R_N và điện áp ra.

$\Delta U = E_N - I_2, R_N$ thông qua bộ điều chế và đưa đến khuếch đại xoay chiều cung cấp cho động cơ thuận nghịch. Động cơ này quay và kéo con chạy của điện trở điều chỉnh ($R_{đ/c}$) làm thay đổi dòng điện I_2 cho đến khi $\Delta U = 0$. Mặt khác động cơ điện cũng kéo theo con chạy của R_p để đưa con chạy và kim chỉ trên thang đo về vị trí cân bằng ban đầu.

Khi khoá K đặt về vị trí ĐO. Do đó điện áp ra:

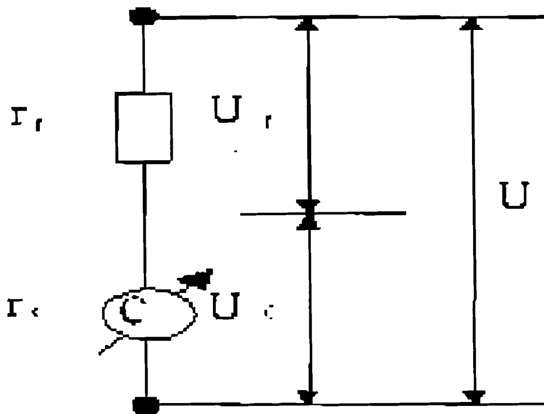
$\Delta U = E_X - U_K$ mà $U_k = I_1(R_1 + R_{P1}) - I_2R_2$ (U_k - điện áp mẫu)

Nếu $E_X > U_k$, $\Delta U > 0$; điện áp ΔU được đưa đến động cơ thuận nghịch để kéo con chạy R_P và tăng điện áp U_k lên cho đến $\Delta U = E_X - U_K = 0$ (trường hợp $U_K > U_X$ động cơ sẽ quay ngược lại). Vị trí của con chạy và kim chỉ xác định giá trị của điện áp đo E_X.

Việc điều chỉnh dòng làm việc chỉ thực hiện một lần và không thay đổi trong suốt quá trình làm việc. Ưu điểm của dụng cụ này là thực hiện tự động quá trình đo và tự ghi, do đó có thể theo dõi và ghi lại kết quả đo trong một thời gian dài.

2. Mở rộng thang đo

Giới hạn đo của thiết bị đo nhỏ, chính vì thế mà để đo được điện áp lớn người ta phải mở rộng thang đo cho Vônmét bằng điện trở nối tiếp gọi là điện trở phụ (Hình4.9)



Hình 4.9. Sơ đồ mắc điện trở phụ để mở rộng giới hạn đo cho V-mét

Điện áp sẽ phân bố trên các điện trở nối tiếp thì tỉ lệ giữa các điện trở đó như sau:

$$\frac{U_P}{U_C} = \frac{r_P}{r_C}$$

Theo tính chất của tỷ lệ thức

$$\frac{U_P + U_C}{U_C} = \frac{r_P + r_C}{r_C}$$

- Biết $U_P + U_C = U$, ta có:

$$\frac{U}{U_C} = \frac{r_P + r}{r_C} = 1 + \frac{r_P}{r_C} = n_U$$

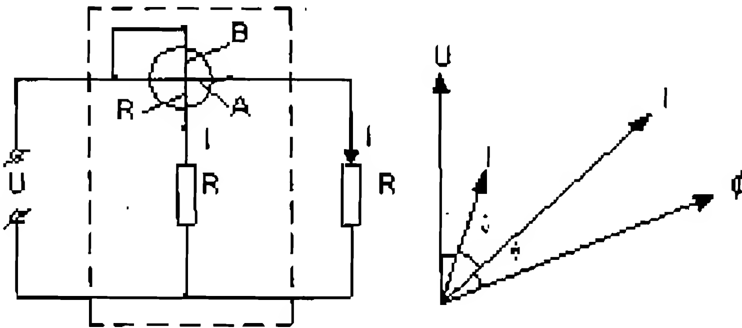
Trong đó: n_U - là bội số điện trở phụ, nó cho biết cỡ đo của V - mét được mở rộng bao nhiêu so với khi chưa mắc điện trở phụ.

V. ĐO CÔNG SUẤT

1. Đo công suất mạch điện một chiều và xoay chiều 1 pha

- Dùng Oát-mét điện động

Oát-mét điện động là dụng cụ điện dùng để đo công suất thực trong đoạn mạch điện một chiều hoặc xoay chiều một pha. Cấu tạo chủ yếu của oát-met điện động là cơ cấu chỉ thị điện động, trong đó cuộn dây tĩnh (A) được mắc nối tiếp với phụ tải R, cuộn dây phần động (B) nối song song với nguồn cung cấp, R_P là điện trở phụ.



Hình 4.10. Đo công suất mạch điện một chiều và xoay chiều 1 pha

Khi có điện áp U đặt lên cuộn dây phần động và dòng điện I đi qua phụ tải, dưới tác động của trường điện từ kim của oát-met lệch đi một góc α. Từ biểu thức đối với mạch điện một chiều ta có:

$$\alpha = \frac{1}{D}\frac{UI}{R_u + R_p}\frac{dM_{12}}{d\alpha} \qquad (4 - 21)$$

Giả sử $\frac{dM_{12}}{d\alpha}$ = const ta có α = KUI = KP (4 - 22)

$K = \frac{1}{D(R_u + R_p)}\frac{dM_{12}}{d\alpha}$ là hệ số oát-mét của dòng một chiều.

Đối với mạch điện xoay chiều, từ biểu thức $\alpha = \frac{1}{D}\frac{dM_{12}}{d\alpha}I_1 I_2 \cos\varphi$ ta có

$\alpha = \frac{1}{D}\frac{dM_{12}}{d\alpha}I.I_U \cos\gamma$ với $\frac{dM_{12}}{d\alpha}$ = const ta có δ = φ - γ

Trong đó: - I_U là dòng điện trong mạch song song của oát-mét.

$$I_U = \frac{1}{(R_u + R_p)}\cos\gamma \quad \text{với} \quad \frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$$

$$\alpha = KUI\cos(\varphi - \gamma).\cos\gamma$$

+ Khi $\varphi = \gamma$ thì $\alpha = KUI.\cos\gamma = KP$

Khi $\varphi = \gamma$ ta thấy rằng số chỉ của oát-met tỉ lệ với công suất tiêu thụ trên phụ tải. Do oát-mét điện động có cực tính, khi đảo pha của một trong hai cuộn dây oát-mét quay ngược lại vì vậy các cuộn dây được đánh dấu sao ở đầu cuộn dây. Khi nối phải nối các đầu dây có dấu lại với nhau.

Oát-mét điện động thường có nhiều thang đo theo dòng và áp. Giới hạn theo dòng là 5A và 10A, theo áp là 150V và 300V. Giải tần từ 0 ÷ KHz. Cấp chính xác có thể đạt 0,1 ÷ 0,2 % ở tần số dưới 200 Hz.

2. Đo công suất mạch xoay chiều 3 pha

2.1. Nguyên lý chung

Mạch điện 3 pha, phụ tải thường được ắc theo hai cách: Mác phụ tải hình sao và hình tam giác.

Công suất thực trong mạch điện 3 pha được tính:

$$P = \int_0^T \ldots = U_{f1}I_{f1}\cos\varphi_1 + U_{f2}I_{f2}\cos\varphi_2 + U_{f3}I_{f3}\cos\varphi_3 \qquad (4 - 23)$$

Nếu mạch điện 3 pha hoàn toàn đối xứng ta có

$$P = 3.U_fI_f\cos\varphi = \sqrt{3}\,U_dI_d\cos\varphi \qquad (4 - 24)$$

Trong đó: U_f, I_f - Điện áp và dòng điện pha.

U_d, I_d - Điện áp và dòng điện dây.

φ - Góc lệch giữa điện áp pha và dòng điện.

Tuy nhiên trong thực tế hệ thống điện 3 pha, phụ tải thường không đối xứng. Để thực hiện phép đo công suất tổng trong mạch 3 pha ta xét trường hợp chung, đó là mạch 3 pha ba tải hình sao không có dây trung tính với tải bất kỳ.

Trong đó: U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} - Là các giá trị tức thời của điện áp dây.

U_{AN}, U_{BN}, U_{CN} - Là các giá trị tức thời của điện áp pha.

i_A, i_B, i_C: - Là các dòng tức thời của pha.

Ta có thể viết các phương trình sau:

Tại N ta có $i_A + i_B + i_C = 0$ (4 - 25)

$$P = U_{AN}.i_A + U_{BN}.i_B + U_{CN}.i_C \quad (4-26)$$

Từ (4-25) ta có: $i_C = -i_a - i_B$

Thay vào (4-26) $P\Sigma = U_{AN}i_A + U_{BN}i_B - U_{CN}i_A - U_{CN}i_B$

$$=(U_{AN} - U_{CN})\, i_A + (U_{BN} - U_{CN})\, i_B$$

$$P\Sigma = U_{AC}i_A + U_{BN}i_B \quad (4-27a)$$

Dựa vào kết quả trên, công suất của mạch 3 pha có thể tính theo một trong 3 biểu thức:

$$P\Sigma = U_{AC}i_a + U_{BC}i_B \quad (4-27b)$$

$$P\Sigma = U_{AB}i_A + U_{BC}i_C$$

$$P\Sigma = U_{BA}i_B + U_{CA}i_C$$

2.2. Các phương pháp đo công suất trong mạch 3 pha

* *Phương pháp dùng 1 oát-mét*

- Nếu mạch 3 pha có phụ tải hình sao đối xứng ta chỉ cần đo công suất ở một pha sau đó nhân 3 lúc đó: $P_{3f} = 3P_f$.

- Nếu mạch 3 pha có phụ tải hình tam giác đối xứng ta cũng chỉ cần đo công suất ở nhánh phụ tải sau đó nhân 3 lần ta được công suất tổng.

- Trong trường hợp khi mạch điện nối tam giác hoặc hình sao không có điểm trung tính ta có thể tạo trung tính giả bằng các điện trở phụ R_2 và R_3 với điều kiện $R_2 = R_3 = R_u$ (R_u điện trở mạch song song của oát-mét). Hình 3-8b là sơ đồ véctơ dòng và ps của mạch 3 pha phụ tải nối tam giác.

Từ sơ đồ này ta có:

$$I_A = I_{AB} + I_{AC} \quad (4-28)$$

Công suất chỉ của oát-mét là:

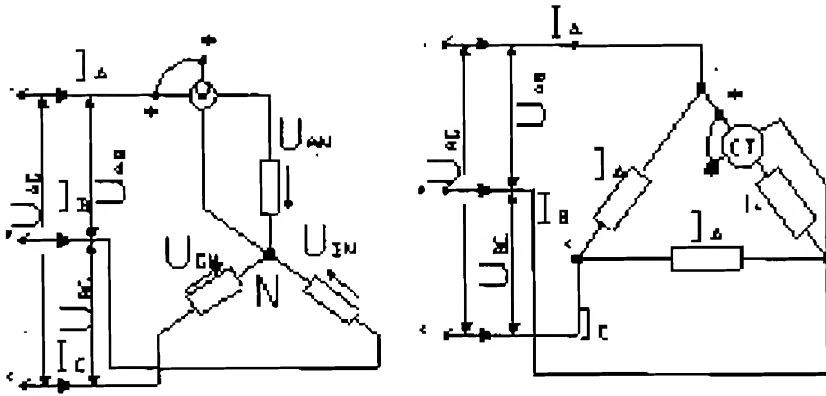
$$P_A = U_{AN}i_A\cos(U_{AN}i_A) = U_{AN}i_A\cos\varphi$$

Do $U_{AN} = \dfrac{U_{AB}}{\sqrt{3}}$; $I_A = \sqrt{3}I_{AB}$

Ta có $P_A = U_{AB}I_{AB}\cos\varphi$ (4-29)

Công suất tổng của cả mạch 3 pha là

$$P\Sigma = 3P_A = 3U_{AB}I_{AB}\cos\varphi \quad (4-30)$$



Hình 4.11. a - Sơ đồ đo công suất với tải mắc hình sao
b - Sơ đồ đo công suất tải mắc hình tam giác

* *Phương pháp dùng 2 oát-mét*

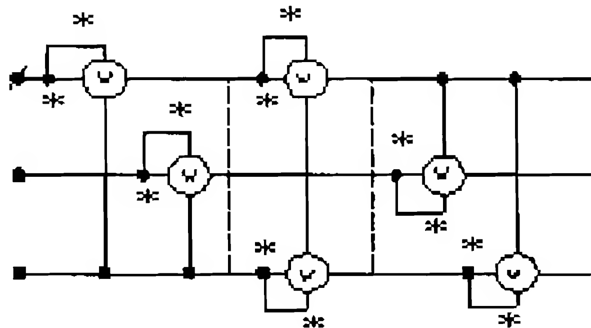
Phương pháp này được dùng trong mạch điện 3 pha không đối xứng.

Dựa trên các biểu thức ta có thể đo công suất mạch 3 pha bằng 2 oát-mét mà không bị phụ thuộc vào dạng phụ tải (đối xứng hay không đối xứng, tam giác hay sao).

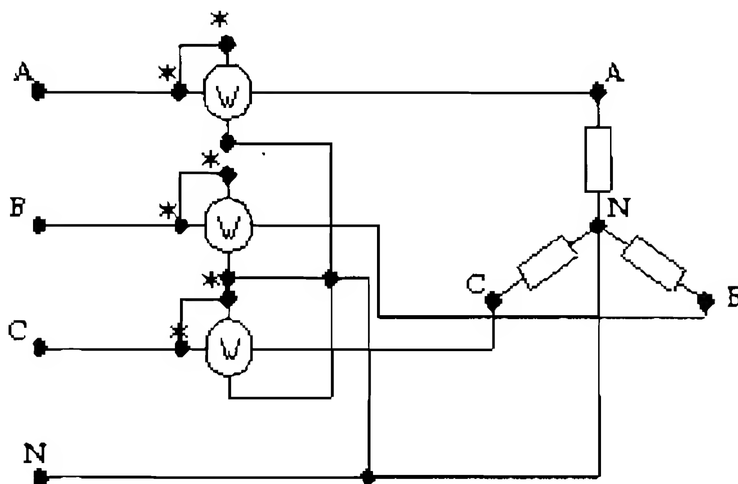
* *Đo công suất bằng 3 oát-mét*

Trong trường hợp mạch 3 pha có phụ tải hình sao với dây trung tính không đối xứng để đo công suất tổng ta phải sử dụng 3 oát-mét và công suất mạch 3 pha bằng tổng công suất của từng pha đo bằng oát-mét. Sơ đồ mắc như hình 4.13. Cuộn áp của oát-mét mắc vào điện áp pha U_{AN}, U_{BN}, U_{CN} các cuộn dòng mắc nối tiếp với các dòng điện pha I_A, I_B, I_C.

Dây trung tính NN là dây chung, ta có $P\Sigma = P_A + P_B + P_C$



Hình 4.12. Sơ đồ đo công suất bằng 2 oát-mét



Hình 4.13. Sơ đồ đo công suất bằng 3 oát-mét

* *Công tơ 3 pha đo năng lượng*

Giống như trường hợp đo công suất, đo công suất trong mạch 3 pha có thể thực hiện bằng một công tơ, hai công tơ hoặc ba công tơ, tuỳ theo mạch đối xứng hay không đối xứng. Tuy nhiên trong thực tế, người ta thường sử dụng công tơ 3 pha 2 phần tử hay 3 phần tử.

Trong đó phần động gồm 2 đĩa nhôm được gắn vào cùng một trục. Mỗi đĩa nhôm đều nằm trong từ trường cuộn áp và cuộn dòng của các pha tương ứng. Các cuộn áp được mắc song song với phụ tải, cuộn dòng mắc nối tiếp với phụ tải.

Nam châm cản được đặt vào một trong hai đĩa nhôm. Mômen quay được tạo ra bằng tổng của 2 mômen quay của hai phần tử và năng lượng đo được chính là năng lượng của mạch 3 pha.

VI. ĐO ĐIỆN NĂNG

1. Đo điện năng mạch điện xoay chiều 1 pha bằng công tơ 1 pha

1.1. Khái niệm

Năng lượng điện xoay chiều một pha được tính theo biểu thức

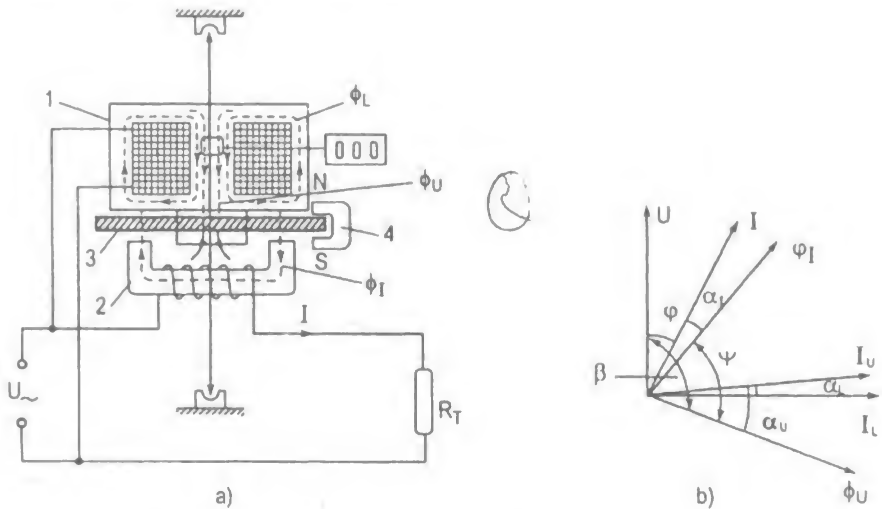
$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt = K.P.t$$

Trong đó: P - Công suất tiêu thụ phụ tải

$t = t_2 - t_1$ - Khoảng thời gian tiêu thụ công suất

K - Là hệ số

Dụng cụ dùng để đo năng lượng gọi là Công tơ. Công tơ được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng. Cấu tạo gồm hai phần: phần tĩnh và phần động. Phần tĩnh là 2 cuộn dây quấn trên lõi thép 1 và 2. Khi có dòng điện đi qua các cuộn dây tạo ra từ trường móc vòng qua lõi thép và phần động. Phần động là một đĩa nhôm 3 được gắn trên trục quay.



Hình 4.14. Cấu tạo của công tơ một pha và biểu đồ véc tơ

Khi có dòng điện I_1 và I_2 đi vào các cuộn dây phần tĩnh, chúng tạo ra từ thông ϕ_1 và ϕ_2, các từ thông này xuyên qua đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng E_1, E_2 lệch pha với ϕ_1 và ϕ_2 một góc $\pi/2$ và các dòng điện xoáy I_{12}, I_{22}. Do sự tác động tương hỗ giữa từ thông ϕ_1, ϕ_2 và dòng xoay chiều I_{12}, I_{22} tạo thành mômen làm quay đĩa nhôm.

Momen quay M_P là tổng các mômen thành phần:

$$M_P = C_1\phi_1 I_{22}\sin\psi + C_2\phi_2 I_{12}\sin\psi \quad (4 - 31)$$

ψ - là góc lệch giữa ϕ_1 và ϕ_2, C_1, C_2 - là hệ số.

Nếu dòng điện tạo ra ϕ_1 và ϕ_2 là hình sin và đĩa có cấu tạo đồng nhất thì dòng xoáy I_{12}, I_{22} tỉ lệ với tần số f và từ thông sinh ra nó:

$$I_{12} = C_3 f\phi_1 \text{ và } I_{22} = C_4 f\phi_2 \quad (4- 32)$$

Trong đó:

f - Là tần số của dòng điện; C_3, C_4 - Là hệ số.

Thay (4 - 32) vào (4 - 31) ta được

$M_q = Cf\phi\phi_1\phi_2\sin\psi$ (4 - 33) với $C = C_2C_3 + C_1C_4$

1.2. Tạo công tơ 1 pha

Từ hình trên ta thấy cấu tạo của công tơ bao gồm hai cuộn dây tạo thành hai nam châm điện 1 và 2. Cuộn dây 1 mắc song song với phụ tải có số vòng dây lớn và tiết diện dây nhỏ gọi là cuộn áp. Cuộn dây 2 mắc nối tiếp với phụ tải có ít vòng, đường kính từ 1 ÷ 2 mm gọi là cuộn dòng.

Đĩa ba nhỏ gắn trên trục có thể quay tự do giữa cuộn dây 1 và 2. Trên trục gắn hộp số cơ khí để chỉ thị. Nam châm 4 có nhiệm vụ tạo mômen hãm do từ trường của nó xuyên qua đĩa nhôm khi đĩa quay.

Khi có dòng điện I chạy qua phụ tải và qua cuộn dòng sẽ tạo ra từ thông ϕ_I cắt đĩa nhôm hai lần. Điện áp U được đặt vào cuộn áp, dòng I_U tạo thành hai từ thông ϕ_U xuyên qua đĩa nhôm và ϕ_L không xuyên qua đĩa nhôm.

Ta có $\phi_I = k_I.I$ (4 - 33)

$\phi_U = k_UI_U = k_U(U/Z_U)$ (4 -34)

Trong đó: U - Điện áp đặt lên cuộn dây

Z_U - Tổng trở của cuộn áp;

k_I, k_U - Là hệ số tỉ lệ

Do cuộn áp có điện trở thuần nhỏ so với điện kháng nên có thể coi

$$Z_u \approx X_U = 2\pi fL_u$$

L_u - Điện cảm của cuộn dây; f - Tần số.

Do đó : $\phi_U = \dfrac{k_{U}.U}{2\pi fL_u}$ (4- 35)

Nếu thực hiện $\psi = \pi/2 - \varphi$ ta nhận được mômen quay.

$M_q = KUI\cos\varphi = KP$

Mômen quay M_q làm cho đĩa nhôm quay trong từ trường của nam châm vĩnh cửu, nó bị cản lại bởi mômen cản M_c do từ trường của nam châm khi xuyên qua đĩa nhôm tạo nên.

$$M_c = k_1\phi_MI_M$$

ϕ_M - Từ thông do nam châm sinh ra trong đĩa nhôm

Trong đó $I_M = k_2\phi_Mn_0$; nước - tốc độ quay đều của đĩa nhôm khi mômen quay bằng mômen cản.

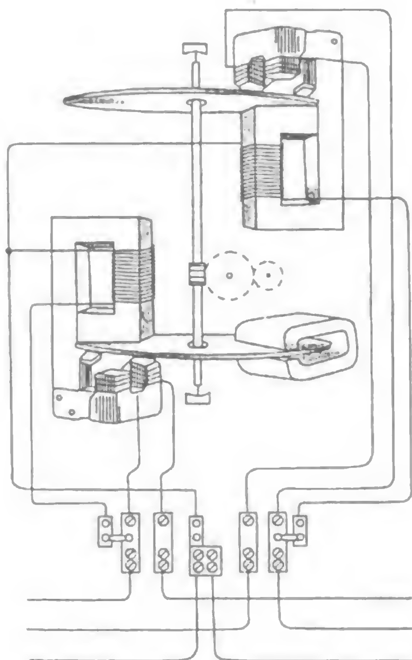
Nên ta có:

$$M_c = k_3\phi_M^2 n_0$$

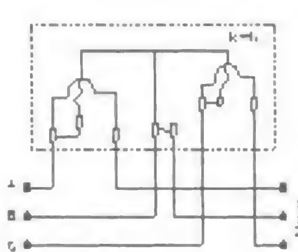
- Khi cân bằng giữa mômen quay và mômen cản ta có:

$$M_q = M_c$$

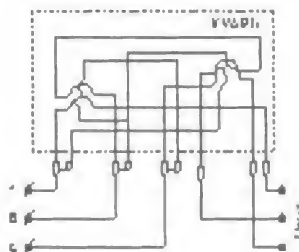
2. Đo điện năng mạch điện xoay chiều 3 pha bằng công tơ 3 pha



Hình 4.15. Công tơ 3 pha đo năng lượng



Hình 4.16. Sơ đồ nối dây đồng hồ đo điện năng 3 pha 2 phần tử



Hình 4.17. Sơ đồ nối dây đồng hồ đo điện năng phản kháng 2 phần tử

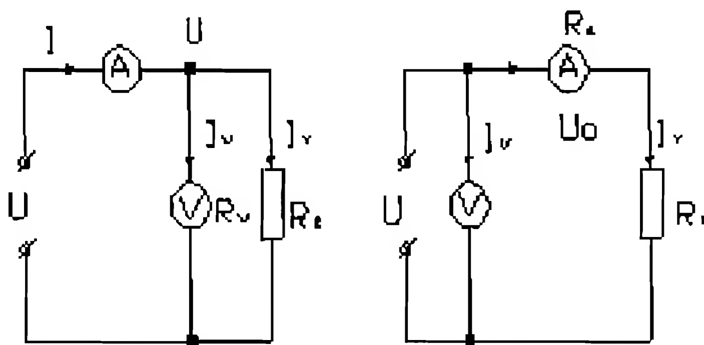
Điện năng mạch ba pha bốn dây được đo bằng đồng hồ ba pha ba phần tử. Nó gồm ba hệ thống từ, mỗi hệ thống gồm một cuộn cường độ, một cuộn điện áp giống máy đếm một pha, tác động lên ba đĩa nhôm gắn trên cùng một trục quay. Trục quay phần động sẽ quay theo mômen tổng của ba pha, tức tỷ lệ với công suất ba pha. Người ta chế tạo hai phần tử chung nhau một đĩa nhôm, chính vì thế máy đếm ba phần tử có hai đĩa nhôm (Hình 4.16).

Điện năng mạch ba dây được đo bằng máy đếm ba pha hai phần tử. Mỗi phần tử gồm một cuộn cường độ dòng điện, một cuộn điện áp tác động lên một đĩa nhôm riêng hoặc có thể hai phần tử cùng tác động lên một đĩa nhôm (Hình 4.17).

VII. ĐO ĐIỆN TRỞ

1. Đo điện trở bằng ômmét có trị số không phụ thuộc vào điện áp nguồn

1.1. Đo điện trở bằng vônmét và ampemét



Hình 4.18 a, b. Đo điện trở bằng vônmét và ampe mét

Hình 4.18 a,b là sơ đồ đo điện trở R dựa trên định luật ôm $R = \frac{U}{I}$

Mặc dù có thể sử dụng những dụng cụ chính xác nhưng giá trị điện trở nhận được bằng phương pháp này có thể có sai số lớn. Tuỳ theo cách mắc ampemét và vônmét mà giá trị R_x đo được sẽ khác nhau.

$$R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I - I_v} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}}$$

$$R_x = \frac{U - U_A}{I_x} = \frac{U - I_x R_A}{I_x}$$

Qua đó ta có thể xác định sai số của phép đo điện trở phụ thuộc vào vônmét và ampemét.

- *Sai số của phép đo điện trở theo sơ đồ a*

$$\beta\% = \frac{R_x' - R_x}{R_x} 100\%$$

Trong đó: $R_x = \frac{U}{I}$ là giá trị điện trở đo được theo vônmét và ampemét.

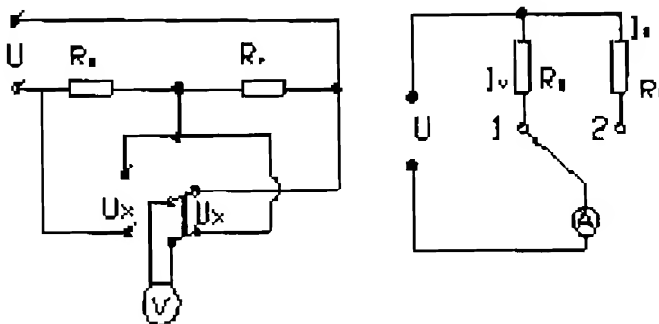
R_x giá trị điện trở thực.

Nếu $R_v >> R_x$

$$\beta\% = \frac{R_x' - R_x}{R_x} 100\% \approx -\frac{R_x}{R_v} 100\%$$

1.2. Đo điện trở bằng phương pháp so với điện trở mẫu

Để đạt độ chính xác cao của phép đo điện trở, ta có thể sử dụng phương pháp so sánh điện trở đo với điện trở mẫu.



Hình 4.19, a, b. Sơ đồ đo điện trở bằng phương pháp so với điện trở mẫu

+ *Điện trở đo và điện trở mẫu mắc nối tiếp*

Trong đó điện áp rơi trên điện trở mẫu R_0 là U_0, điện áp rơi trên điện trở đo R_x là U_x. Với dòng điện I không đổi ta có:

$$\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x} \qquad\qquad R_x = \frac{U_x}{U_0} R_0$$

Sai số của phép đo bằng tổng sai số của điện trở mẫu R_0 và sai số của ampemét.

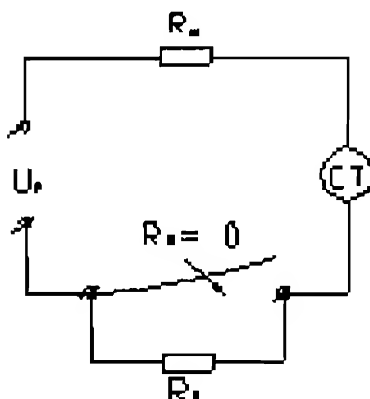
2. Đo điện trở trực tiếp bằng ômmét

Ômmét là dụng cụ đo từ điện với nguồn cung cấp là pin và các điện trở chuẩn. Xuất phát từ định luật Ôm $R = \frac{U}{I}$, nếu ta giữ cho điện áp U không thay đổi, thì dòng điện I qua mạch đo sẽ thay đổi khi điện trở thay đổi. Trên cơ sở đó có thể chế tạo các ômmét đo điện trở.

Tuỳ thuộc vào cách mắc sơ đồ mạch đo, người ta chia ômmét ra thành 2 loại: Ômmét mắc nối tiếp và ômmét mắc song song.

2.1. Ômmét nối tiếp

Là ômmét trong đó điện trở R_x mắc nối tiếp với cơ cấu chỉ thị.



Hình 4.20. Mạch nguyên lý của ômmét

Các ômmét nối tiếp thường dùng đo các điện trở từ cỡ ôm trở lên. Trong đó R_p là các điện trở phụ đảm bảo sao cho khi $R_x = 0$ dòng điện qua cơ cấu đo là lớn nhất (lệch hết thang chia độ) và để bảo vệ cơ cấu chỉ thị.

Điện trở trong của ômmét được tính như sau:

$$R_\Omega = R_{TC} + R_P = \frac{U_0}{I_{CT\max}}$$

R_{CT} - Điện trở của chỉ thị

$I_{CT\max}$ - Dòng điện định mức của cơ cấu chỉ thị

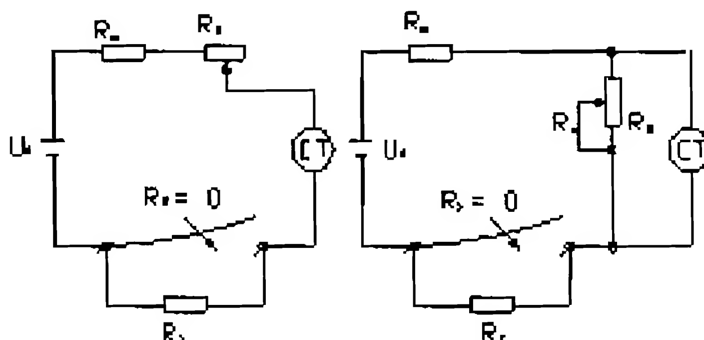
Khi $R_x = 0$ $\qquad I_{CT\max} = \frac{U_0}{R_{CT} + R_p}$

Khi $R_x \neq 0$ $\qquad I_{CT} = \dfrac{U_0}{R_{CT} + R_p + R_x}$

Với $R_x = \infty$ thì $\qquad I_{CT} = 0$

Từ các biểu thức trên ta thấy rằng thang chia độ của ômmét ngược với thang chia độ của vônmét. Mặt khác ta cũng thấy rõ chỉ số của ômmét phụ thuộc vào nguồn cung cấp.

Nếu nguồn cung cấp thay đổi sẽ gây ra sai số lớn, do đó để khắc phục sai số lớn do nguồn cung cấp thay đổi, người ta mắc thêm một chiết áp hoặc một biến trở R_M để chỉnh zêrô (khi $R_x = 0$).

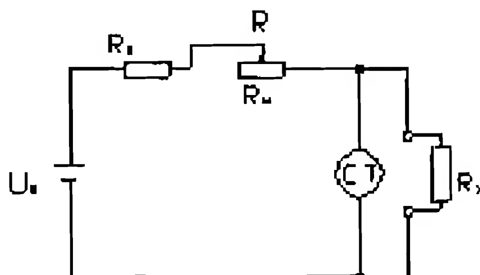


Hình 4.21. Sơ đồ ômmét chỉ thị mắc nối tiếp

Cách chỉnh như sau: Mỗi lần sử dụng ômmét, trước hết phải ngắn mạch các đầu ra ($R_x = 0$) sau đó điều chỉnh R_M để kim của chỉ thị chỉ zêrô trên thang đo.

Với cách hiệu chỉnh như vậy khi điện áp cung cấp của pin giảm xuống dưới mức ban đầu của nó thang đo vẫn đúng.

2.2. Ômmét mắc song song



Hình 4.22. Sơ đồ ômmét chỉ thị mắc song song

Là loại dụng cụ đo trong đó R_x mắc song song với cơ cấu chỉ thị. Ưu điểm của ômmét loại này là có thể đo được điện trở tương đối nhỏ (cỡ kΩ trở lại) và điện trở vào của ômmét R_Ω nhỏ khi dòng điện từ nguồn cung cấp không lớn lắm. Do R_x mắc song song với cơ cấu chỉ thị nên khi $R_x = \infty$ (chưa có R_x) dòng điện qua chỉ thị là lớn nhất ($I_{CT} = I_{CTmax}$) với $R_x = 0$ dòng điện qua chỉ thị $I_{CT} \approx 0$.

Điều chỉnh thang đo của ômmét trong trường hợp nguồn cung cấp thay đổi cũng dùng một biến trở R_M và điều chỉnh ứng với $R_x = \infty$. Xác định R_P và R_M giống như sơ đồ ômmét mắc nối tiếp.

2.3. Ômmét nhiều thang đo

Ômmét nhiều thang đo thực hiện theo nguyên tắc chuyển từ giới hạn đo này sang giới hạn đo khác bằng cách thay đổi điện trở vào của ômmét với một số lần nhất định sao cho khi $R_x = 0$ kim chỉ thị vẫn đảm bảo lệch hết thang đo (nghĩa là dòng qua cơ cấu đo bằng giá trị định mức đã chọn).

Để mở rộng giới hạn đo của ômmét có thể thực hiện bằng cách dùng nhiều nguồn cung cấp và các điện trở phân dòng (điện trở sun) cho các thang đo khác nhau.

Thiết bị có dòng chỉ thị định mức $I_{CT} = 37{,}5\ \mu A$, điện trở của chỉ thị $R_{CT} = 3{,}82\ K\Omega$. Điều chỉnh zêrô là một biến trở 5 KΩ (với R = 2,875 KΩ khi pin có điện áp ở mức bình thường). Pin 1,5 V dùng cho tất cả các khoảng đo R×1; R×10; R×100; và R×1 KΩ pin 15 V dùng cho khoảng đo R×10KΩ. R_x được mắc vào các đầu ra của mạch (-, +).

Công tắc đo có phần tiếp xúc động có thể xoay từng nấc cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ.

Chương 5

ĐO LƯỜNG NHIỆT

Mục tiêu

Nắm được cấu tạo và nguyên lý làm việc của các dụng cụ đo và các phương pháp đo các đại lượng: nhiệt độ, đo áp suất, đo chân không, đo lưu lượng, đo độ ẩm, đo độ ồn.

Biết lựa chọn các dụng cụ đo phù hợp với yêu cầu kỹ thuật.

Nội dung tóm tắt

- Những khái niệm cơ bản về đo lường nhiệt.
- Đo nhiệt độ.
- Đo áp suất và chân không.
- Đo lưu lượng môi chất.
- Đo mức chất lỏng.
- Đo độ ẩm.
- Đo tốc độ không khí.
- Đo độ ồn.

I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐO LƯỜNG NHIỆT

1. Định nghĩa và phân loại

1.1. Định nghĩa

Đo lường là quá trình nhận thức bằng thực nghiệm, đem lượng bị đo so sánh với một lượng khác dùng làm đơn vị để tìm ra tỷ số bằng số đặc trưng cho sự so sánh đó.

$Q = q.u$ — Q - Lượng bị đo

u - Lượng đơn vị

q - Tỷ số bằng số

Cũng có thể định nghĩa đo lường là hành động cụ thể thực hiện bằng công cụ đo lường để tìm ra trị số của một lượng chưa biết biểu thị bằng đơn vị đo lường.

Mục đích đo lường là lượng chưa biết ta cần xác định.

Đối tượng đo lường là lượng trực tiếp bị đo dùng để tính toán tìm lượng chưa biết, đó là lượng phụ nên một mình nó không có tác dụng.

Tuỳ trường hợp, mục đích đo lường và đối tượng đo lường có thể thống nhất lẫn với nhau hoặc là tách rời nhau.

1.2. Phân loại

Thông thường người ta căn cứ theo cách đạt được kết quả đo lường để phân loại, như vậy thì có 3 loại đo lường là đo trực tiếp, đo gián tiếp và đo tổng hợp.

- ***Đo trực tiếp***: là đem lượng chưa biết trực tiếp so sánh với lượng đơn vị bằng dụng cụ đo hay đồng hồ chia độ theo đơn vị đo nên trực tiếp được kết quả đo là trị giá của lượng chưa biết. Mục đích đo lường và đối tượng đo lường thống nhất với nhau, lượng chưa biết và lượng bị đo cùng loại. Trong khi tiến hành đo lường, mỗi động tác không có ý nghĩa độc lập mà chỉ là bộ phận cần thiết để thực hiện việc đo lường.

Đo trực tiếp cũng có thể rất đơn giản nhưng cũng có khi rất phức tạp, thông thường ít gặp phép đo hoàn toàn trực tiếp. Có thể chia đo lường trực tiếp ra nhiều loại:

+ *Phép đọc trực tiếp*: hay gặp nhất, ví dụ: đo dòng điện bằng ampemet, đo điện áp bằng vonmét, đo nhiệt độ bằng nhiệt kế, đo áp suất bằng áp kế, đo chiều dài bằng mét...

+ *Phép chỉ không* (hay phép bù): có độ chính xác khá cao và phải dùng ngoại lực để tiến hành đo lường. Nguyên tắc đo của phép này là đem lượng chưa biết cân bằng với một lượng đo đã biết trước, khi có cân bằng thì đồng hồ chỉ không.

Ví dụ: đo điện áp bằng điện thế kế kiểu bù.

+ *Phép trùng hợp:* theo nguyên tắc của thước cặp để xác định lượng chưa biết.

+ *Phép thay thế*: Ví dụ tìm trị giá của điện trở chưa biết nhờ thay điện trở đó bằng một hộp điện trở và giữ nguyên dòng điện và điện áp trong mạch.

+ *Phép cầu sai*: thường dùng hiệu chỉnh các dụng cụ đo độ dài, độ chính xác đạt được khá cao.

- ***Đo gián tiếp:*** là phép đo mà lượng chưa biết được xác định bằng tính toán theo quan hệ hàm số đã biết đối với các lượng bị đo trực tiếp có liên quan:

$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n)$

y là lượng chưa biết cần tìm.

$x_1, x_2, \ldots x_n$ là các đại lượng bị đo được đo trực tiếp, có quan hệ với y.

Trong phép đo gián tiếp, mục đích đo lường không thống nhất với đối tượng đo lường, lượng chưa biết và lượng bị đo không cùng loại. Đo gián tiếp được dùng rất phổ biến vì trong rất nhiều trường hợp nếu dùng cách đo trực tiếp thì quá phức tạp, kém chính xác hơn hoặc là không tìm được lượng chưa biết.

- ***Đo tổng hợp*** là phép đo phải làm nhiều lần ở điều kiện khác nhau để được một hệ phương trình biểu thị quan hệ giữa các lượng chưa biết và các lượng bị đo trực tiếp, từ đó tìm ra các lượng chưa biết. Mục đích đo lường và đối tượng đo lường trong cách đo này khác nhau.

$$\begin{cases} f_1(y_1, y_2 \quad x_1', x_2' \quad) = 0 & (1) \\ f_2(y_1, y_2 \quad x_1'', x_2'' \quad) = 0 & (2) \\ \ldots\ldots \qquad\qquad = 0 & \\ f_n(y_1, y_2 \quad y_n\, x_1^{(n)}, \; x_2^{(n)} \ldots) = 0 & (n) \end{cases}$$

$y_1, y_2 \ldots y_n$ là các đại lượng chưa biết.

$x_1', x_2' \ldots x_1^{(n)} x_2^{(n)} \ldots$ là các lượng bị đo trực tiếp.

f là quan hệ hàm số đã biết, chỉ số của f là để chỉ điều kiện tương ứng với lần đo lường đó.

Đo tổng hợp thường gặp trong thí nghiệm, dùng để xác định một số hệ số nào đó mà ta đã biết quan hệ giữa chúng và các nhân tố là lượng bị đo trực tiếp.

Chia loại đo lường không phải là tuyệt đối cứng nhắc như vậy mà phụ thuộc vào yêu cầu và việc làm cụ thể, tuỳ theo sự tiến bộ của kỹ thuật đo lường và việc chế tạo dụng cụ đo mà phương pháp đo ngày càng biến đổi phong phú hơn.

2. Các thông số đặc trưng cho phẩm chất của đồng hồ đo

Cơ sở để đánh giá chất lượng của đồng hồ đo chủ yếu là mức độ thoả mãn những yêu cầu về đo lường mà đồng hồ đo có thể đảm bảo được. Vì muốn được

số chỉ đúng, ít chậm trễ, muốn đo nhiều tham số nên phải đánh giá sai số và độ chính xác của đồng hồ, tốc độ chuyển động của cái chỉ thị, tốc độ chuyển của giấy ghi, thời gian cái chỉ thị chạy hết khoảng đo (có khi gọi là thời gian hành trình), thời gian tác động in dấu ở các đồng hồ tự ghi nhiều tham số. Rõ ràng là tất cả những điều đó đều thể hiện ưu khuyết điểm của đồng hồ đối với yêu cầu đo lường. Chúng ta sẽ chỉ xét những tham số chủ yếu có liên quan tới độ chính xác của số đo do đồng hồ cho biết mà thôi.

2.1. Sai số và cấp chính xác

Trên thực tế không thể có một đồng hồ đo lý tưởng cho số đo đúng bằng trị số thật của tham số cần đo, đó là vì nguyên tắc đo lường và kết cấu của đồng hồ không thể tuyệt đối hoàn thiện. Số đo của đồng hồ sai khác với trị số thật của tham số cần đo là điều kiện tất nhiên; song sai số đó ngày càng giảm bớt nhờ những tiến bộ đo lường, trị số gần đúng của tham số cần đo được gần với trị số thật của tham số cần đo. Do không biết được trị số thật của tham số cần đo nên trong thực tế người ta coi trị số đó là số chỉ đọc được khi đó nó bằng một đồng hồ chính xác cao hoặc là các đồng hồ chuẩn.

Gọi A_d là trị số thật của tham số đo; A_c là số chỉ do đồng hồ cho biết khi đo tham số đó; γ là sai số tuyệt đối ứng với số đo đó của đồng hồ; γ_0 là sai số tương đối thì ta có các biểu thức định nghĩa sau:

$\gamma = A_C - A_d$, trị số của γ có thể là số dương, số âm hoặc số không.

$\gamma_0 = \dfrac{\gamma}{A_d}$, thường hay dùng $\gamma_0 = \dfrac{\gamma}{A_c}$ vì không biết A_d

Sai số tương đối thường được biểu thị bằng số phần trăm (%), nếu kí hiệu là $\gamma_0^{\%}$ thì theo định nghĩa trên ta có:

$$\gamma_0^{\%} = \frac{\gamma}{A_c} x100\%$$

Muốn biết mức độ đo chính xác của đồng hồ, ta không chỉ dựa vào sai số mà còn phải xét tới khoảng đo của đồng hồ đó nữa. Người ta gọi sai số quy dẫn hoặc sai số tính đổi là tỷ số của sai số tuyệt đối với khoảng đo tính theo phần trăm và kí hiệu là $\delta_0^{\%}$, như vậy

$$\delta_0^{\%} = \frac{\gamma}{A_{max} - A_{min}} x100\%$$

A_{max} và A_{min} là hạn trên và hạn dưới của khoảng đo.

Sai số của mỗi số chỉ trên thước chia độ thường không giống nhau, độ chính xác của đồng hồ tất nhiên chỉ có thể đánh giá sai số lớn nhất trong số các sai số trên. Người ta gọi số chỉ sai số quy dẫn lớn nhất của đồng hồ là cấp chính xác của đồng hồ đó:

$$\text{Cấp chính xác} = \delta_0^{\%} = \frac{\gamma}{A_{max} - A_{min}} x100\%$$

Ví dụ $\delta_{0_{max}}^{\%} = \pm 1{,}5\%$ thì cấp chính xác của đồng hồ là 1,5.

Đồng hồ nhiệt thường được chế tạo với các cấp chính xác 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5. Tuỳ theo yêu cầu đo lường mà chọn đồng hồ có cấp chính xác thích hợp.

2.2. Biến sai

Khi điều kiện đo lường và trị số tham số cần đo không thay đổi thì số chỉ của đồng hồ do nhiều lần đo không nhất định hoàn toàn giống nhau, như vậy tức là sai số của những lần đo nói trên không giống nhau. Độ sai lệch lớn nhất giữa các sai số khi đo nhiều lần cùng một tham số cần đo trong cùng một điều kiện đo lường được gọi là biến sai. Thường thường biến sai cũng biểu thị bằng số phần trăm so với khoảng đo của đồng hồ.

Tất nhiên biến sai của số chỉ của đồng hồ không được phép lớn hơn sai số cho phép của đồng hồ đó.

2.3. Độ nhạy

Gọi độ nhạy của đồng hồ là S, độ chuyển dịch của cái chỉ thị (theo góc hoặc độ dài) là Δx_r và độ biến đổi trị số của tham số cần đo đã gây nên sự chuyển dịch trên của cái chỉ thị là Δx_v; ta có định nghĩa: $S = \dfrac{\Delta x_r}{\Delta x_v}$.

Ví dụ: Khi nhiệt thay đổi 3^0C, kim nhiệt kế thứ nhất chuyển dịch đi 4,5mm, kim nhiệt thứ hai chuyển dịch 6mm thì độ nhạy S_1 của nhiệt kế thứ nhất là $S_1 = \dfrac{4{,}5}{3} = 1{,}5mm/^0C$, độ nhạy S_2 của nhiệt kế thứ hai là $S_2 = \dfrac{6}{3} = 2mm/^0C$.

Nhiệt kế thứ hai có độ nhạy cao hơn. Có thể tăng độ nhạy bằng cách tăng hệ số khuếch đại của hệ thống khuếch đại, song chất lượng của đồng hồ là do sai số cơ bản của nó quyết định, nếu chỉ tìm cách tăng độ nhạy để mong được số đo chính xác hơn thì thật không hợp lý. Vì lẽ đó mà người ta thường quy

định giá trị mỗi độ chia trên thước chia độ của đồng hồ không được nhỏ hơn trị số tuyệt đối của sai số cho phép của đồng hồ đó.

Gọi giá trị của độ chia là C thì ta có: $1/S = C$.

2.4. Hạn không nhạy

Hạn không nhạy của đồng hồ đặc trưng cho độ nhạy cảm của đồng hồ đối với biến đổi của tham số cần đo, vì vậy nó được đánh giá bằng mức độ biến đổi nhỏ nhất của tham số cần đo sao cho cái chỉ thị bắt đầu làm việc. Hạn không nhạy càng nhỏ thì thời gian chậm trễ của số chỉ càng nhỏ. Thông thường hạn không nhạy cũng được xác định theo chiều thuận và chiều nghịch, trị số của nó không được lớn hơn 1/2 trị số tuyệt đối của sai số cho phép của đồng hồ. Nếu đồng hồ được thiết kế hợp lý, gia công tốt, giảm bớt được ma sát và cơ cấu khuếch đại có hệ số khuếch đại đủ lớn thì có thể giảm bớt được hạn không nhạy.

II. ĐO NHIỆT ĐỘ

1. Sơ lược về quá trình xây dựng thước đo nhiệt độ

Quá trình lập thước đo nhiệt độ cũng là quá trình tìm một đơn vị đo nhiệt độ thống nhất và liên quan mật thiết với việc chế tạo nhiệt kế. Galilê chế tạo nhiệt kế nước đầu tiên năm 1597, tiếp đó hơn 200 năm, nhiều người đã nghiên cứu chế tạo nhiệt kế dựa vào sự dãn nở của các nguyên chất ở 1 pha. Thước đo nhiệt độ được quy định dựa vào nhiệt độ chênh lệch giữa hai điểm khác nhau của một nguyên chất để làm đơn vị đo do Niutơn đề nghị đầu tiên, cách quy định đơn vị nhiệt độ này được dùng mãi cho tới nay. Đơn vị nhiệt độ trong thước đo xây dựng theo phương pháp dùng 1 tính chất nào đó của vật chất, phụ thuộc vào tính chất cụ thể của vật chất mà ta tuỳ ý chọn, nên không thống nhất. Đó là vì không có vật chất nào mà thuộc tính của nó biến đổi đường thẳng đối với nhiệt độ. Người ta cũng đã chế tạo các nhiệt kế có thước chia độ và dùng các điểm sôi hoặc nóng chảy hay đông đặc của vật chất để khắc độ nhiệt kế.

Vậy nhiệt độ là gì?

Nhiệt độ là thông số trạng thái của vật chất. Về định tính, nhiệt độ biểu thị mức độ nóng, lạnh của vật chất; về bản chất, nhiệt độ biểu thị mức tiềm tàng năng lượng của vật chất, năng lượng này tỷ lệ thuận với bình phương tốc độ dao động tịnh tiến trung bình của các phân tử, nguyên tử trong vật chất (tỷ lệ thuận với động năng của các phân tử).

1.1. Đơn vị đo nhiệt độ và thang đo nhiệt độ

Trong đời sống và trong công nghiệp người ta thường sử dụng các đơn vị đo nhiệt sau:

- Nhiệt độ bách phân (A.Celsius) : Kí hiệu là "t"; đơn vị đo: [^{0}C]
- Nhiệt độ tuyệt đối (Kenlvin) : Kí hiệu là "T"; đơn vị đo: [^{0}K]
- Nhiệt độ Farenheit : Kí hiệu là "t"; đơn vị đo: [^{0}F]
- Nhiệt độ Rankin : Kí hiệu là "t"; đơn vị đo: [^{0}R]

Quan hệ giữa các đơn vị đo nhiệt độ:

T[^{0}K] = t [^{0}C] + 273

t[^{0}C] = 5/9(t^{0}F - 32)

t[^{0}R] = 9/5(T[^{0}C] + 273)

Ví dụ:

-40 [^{0}C]	= - 40[^{0}F]
0[^{0}C]	= 32[^{0}F]
100[^{0}C]	= 212[^{0}F]
-273[^{0}C]	= 0[^{0}K]

Chú ý: Không tồn tại giá trị nhiệt độ 0^{0}K (nghĩa là nhiệt độ luôn lớn hơn -273^{0}C).

Như ở phần trên, ta biết rằng nhiệt độ tỷ lệ thuận với động năng của các phân tử: T[^{0}K] = $k.\frac{w^2}{2}m_{ft}$

- k là hệ số tỷ lệ.
- w là tốc độ dao động tịnh tiến trung bình của các phân tử, nguyên tử.
- m_{ft} là khối lượng phân tử .

Theo thuyết động học phân tử thì nhiệt độ tuyệt đối (T) tỷ lệ thuận với động năng của các phân tử. Vậy nhiệt độ thấp nhất của vật chất là nhiệt độ ứng với trạng thái các phân tử ngừng chuyển động (w = 0): Khi w=0 thì nhiệt độ T = 0; nhiệt độ này gọi là không độ tuyệt đối. Vật chất luôn luôn chuyển động, w không thể bằng 0, vậy không có không độ tuyệt đối.

$T = 273 + t$ khi $t = -273\,^0C$ thì $T = 0^0K$, như vậy ở phần trên đã khẳng định T không thể bằng 0. Vậy t không thể bằng - 273^0C.

Thước đo nhiệt độ quốc tế là thể hiện thực tế của thước đo nhiệt độ bách phân nhiệt động học; thước đo đó lấy nhiệt độ tan của nước đá và nhiệt độ sôi của nước ở áp suất thường là 0 và 100 độ, kí hiệu nhiệt độ là ^0C và dựa trên một hệ điểm nhiệt độ cố định để chia độ các nhiệt độ trung gian thì xác định bằng các dụng cụ nội suy.

1.2. Thước đo nhiệt độ quốc tế thực dụng

Nội dung thước đo nhiệt độ quốc tế như sau:

- Nhiệt độ được biểu thị bằng t, đơn vị đo nhiệt độ kí hiệu là [^0C], gọi là độ.

- Thước đo được xây dựng trên một số điểm chuẩn gốc, đó là những điểm nhiệt độ cân bằng cố định được xác định bằng nhiệt kế khí, trị số của điểm chuẩn gốc được lấy là trị số có xác suất xuất hiện cao nhất của nhiệt kế khi đo nhiệt độ điểm chuẩn gốc đó. Trị số nhiệt độ giữa các điểm chuẩn gốc được xác định bằng các nhiệt kế đặc biệt.

- Các điểm chuẩn gốc đều được xác định ở áp suất khí quyển tiêu chuẩn và gồm các điểm sau theo quy định:

Điểm sôi của ô xy	- $182{,}97^0C$
Điểm tan của nước đá	$0{,}00^0C$
Điểm sôi của nước	100^0C
Điểm sôi của lưu huỳnh	$444{,}60^0C$
Điểm đông đặc của bạc	$960{,}80^0C$
Điểm đông đặc của vàng	$1063{,}00^0C$

- Cách nội suy và ngoại suy để xác định các nhiệt độ khác được quy định như sau:

+ Nhiệt độ trong khoảng từ 0^0C đến điểm đông đặc của Stibion (630^0C) dùng nhiệt kế chuẩn là nhiệt kế điện trở bạch kim mà độ tinh khiết của sợi bạch kim là thoả mãn yêu cầu sau: $R_{100}/R_0 \geq 1{,}3920$, ở đây R_0 và R_{100} là điện trở của điện trở bạch kim ở 0^0C và 100^0C.

Quan hệ giữa trị số điện trở bạch kim ở nhiệt độ t (kí hiệu là R_t) và nhiệt độ t được quy định là: $R_t = R_0\,[\,1 + At + Bt^2]$.

R_0, A, B là các hằng số xác định bằng cách đo R_t ứng với $t = 0{,}01^0C$; 100^0C và $444{,}6^0C$ sau đó giải hệ 3 phương trình.

+ Nhiệt độ trong khoảng từ 0^oC đến - $182{,}97^0C$ vẫn dùng nhiệt kế điện trở bạch kim nhưng quan hệ giữa R_t và t quy định là:

$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + Ct^3 (t - 100)]$

R_0, A, B là hằng số giống như trên.

C là hằng số tìm được do đặt điện trở bạch kim ở nhiệt độ - 182,97^{0}C.

+ Nhiệt độ trong khoảng từ điểm Stibi đến 1063^{0}C: dùng cặp nhiệt bạch kim pha Rôđi - bạch kim làm nhiệt kế chuẩn. Cặp nhiệt có 1 cực là dây hợp kim gồm 10% Rôđi và 90% bạch kim và 1 cực là dây bạch kim. Độ thuần khiết của bạch kim phải thoả mãn yêu cầu $\frac{R_{100}}{R_0} \geq 1,3920$.

Quy định nhiệt độ đầu lạnh của cặp nhiệt phải là O^{0}C và sức nhiệt điện động của cặp nhiệt E có quan hệ với nhiệt độ đầu nóng t là $E = a + bt + ct^2$.

a, b, c là các hằng số xác định bằng cách cho t bằng điệm Stibi; 960,8^{0}C . 1063^{0}C. Ở đây điểm Stibi được xác định bằng nhiệt kế điện trở bạch kim dùng cho khoảng 0^{0}C đến điểm Stibi, độ tinh khiết của Stibi khi đo bằng nhiệt kế điện trở bạch kim chuẩn gốc cần đảm bảo có điểm đông đặc không thấp dưới 630,3^{0}C. Cặp nhiệt chia độ ở gần điểm Stibi nên so sánh liên tục với số đọc của nhiệt kế điện trở chuẩn gốc (cùng đặt trong bình hằng nhiệt trong khoảng nhiệt 630,3^{0}C đến 630,7^{0}C).

- Nhiệt độ trên điểm 1063^{0}C thì dùng hoả kế quang học chuẩn gốc hoặc đèn nhiệt độ làm dụng cụ chuẩn, nhiệt độ t xác định theo định luật Plăng:

$$\frac{E_0\lambda(t)}{E_0\lambda_{Au}} = \frac{e^{C_2[\lambda(t_{Au}+T_0)]}-1}{e^{C_2[\lambda(t-T_0)]}-1}$$

E_0 λ (t) là cường độ bức xạ đơn sắc của sóng λ, của vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ t ; E_0 λ_{AU} thì ứng với nhiệt độ 1063,0^{0}C.

C_2 là hằng số, $C_2 = 1,438 \times 10^{-2}$ m.độ

T_0 là hằng số, $T_0 = 273,15^0$.K

2. Phân loại nhiệt kế

Có nhiều loại dụng cụ đo nhiệt độ, tên gọi của mỗi loại một khác nhưng thường gọi chung là nhiệt kế. Các danh từ dùng cho dụng cụ đo nhiệt độ thường được dùng như sau:

Nhiệt kế là dụng cụ (đồng hồ) đo nhiệt độ bằng cách cho số chỉ hoặc tín hiệu là hàm số đã biết đối với nhiệt độ.

Bộ phận nhạy cảm của nhiệt kế là bộ phận của nhiệt kế dùng biến nhiệt năng thành một dạng năng lượng khác để nhận được những tín hiệu (tin tức) về nhiệt độ. Nhiệt kế có loại đo trực tiếp và đo gián tiếp. Nhiệt kế đo trực tiếp có

bộ phận nhạy cảm tiếp xúc với môi trường cần đo, nhiệt kế đo gián tiếp thì bộ phận nhạy cảm không trực tiếp tiếp xúc với môi trường cần đo (ở xa).

Theo thói quen người ta thường dùng danh từ nhiệt kế để chỉ các dụng cụ đo nhiệt độ dưới 600^0C còn có các dụng cụ đo nhiệt độ trên 600^0C thì gọi là hoả kế. Danh từ hoả kế thường hay dùng cho các nhiệt kế đo gián tiếp đo nhiệt độ nhờ bức xạ nhiệt của vật bị đốt nóng. Thiết bị đo nhiệt độ gồm nhiệt kế không có thước chia độ và đồng hồ thứ cấp dùng biến đổi tín hiệu đầu ra của nhiệt kế thành số chỉ thị thì gọi là bộ đo nhiệt độ.

Theo nguyên lý đo nhiệt độ, đồng hồ nhiệt độ được chia ra 5 loại lớn:

- Nhiệt độ kế dãn nở đo nhiệt độ bằng quan hệ giữa sự dãn nở của chất rắn hay chất nước đối với nhiệt độ. Phạm vi đo thông thường từ $-200 \div 500^0$C. Ví dụ các nhiệt kế thuỷ ngân, rượu.

- Nhiệt kế kiểu áp kế đo nhiệt độ nhờ biến đổi áp suất hoặc thể tích của chất khí, chất lỏng, hơi bão hoà chứa trong một hệ thống kín có dung tích cố định khi nhiệt độ thay đổi. Khoảng đo thông thường từ 0 đến 300^0C.

- Nhiệt kế điện trở đo nhiệt độ bằng tính chất biến đổi điện trở khi nhiệt độ thay đổi của các vật dẫn hoặc chất bán dẫn. Khoảng đo thông thường từ -200^0C đến 500^0C.

- Cặp nhiệt còn gọi là nhiệt ngẫu, pin nhiệt điện. Đo nhiệt độ nhờ quan hệ giữa nhiệt độ với sức nhiệt điện động sinh ra ở đầu mối hàn của 2 cực nhiệt điện làm bằng kim loại hoặc hợp kim. Khoảng đo thông thường từ 0 đến 1600^0C. Hiện nay có rất nhiều loại cặp nhiệt, khoảng đo nhiệt độ được mở rộng hơn và đáp ứng được nhiều yêu cầu kỹ thuật phức tạp nên được chú ý nghiên cứu rất nhiều .

- Hoả kế bức xạ gồm hoả kế quang học, bức xạ và so màu sắc. Đo nhiệt độ của vật thông qua tính chất bức xạ nhiệt của vật. Khoảng đo thường từ $600 \div 2000\ ^0$C . Đó là dụng cụ đo gián tiếp.

Nhiệt kế còn được chia loại theo mức độ chính xác (gồm loại chuẩn, loại mẫu, loại thực dụng) hoặc theo cách cho số đo nhiệt độ (gồm loại chỉ thị, tự ghi, đo từ xa).

3. Nhiệt kế dãn nở

Thể tích hoặc chiều dài của một vật thay đổi tuỳ theo nhiệt độ và hệ số dãn nở của vật đó. Nhiệt kế đo nhiệt độ theo nguyên tắc đó gọi là nhiệt kế kiểu dãn nở, gồm 2 loại: Nhiệt kế dãn nở chất rắn (còn gọi là nhiệt kế cơ khí) và nhiệt kế dãn nở chất lỏng.

3.1. Nhiệt kế cơ khí

Nguyên lý dãn nở của vật rắn cho biết $L_t = L_{to} [1 + \alpha (t - t_o)]$.

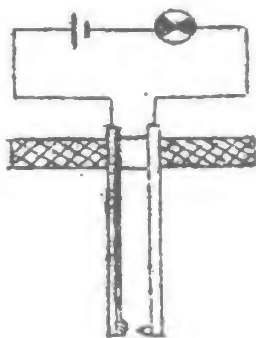
L_t và L_{to} là độ dài của vật ở nhiệt độ t và t_o.

α là hệ số nở dài của vật rắn trong khoảng nhiệt độ $t - t_o$.

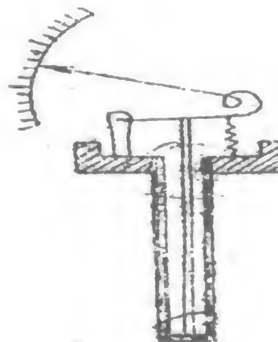
Nếu dùng 2 vật rắn có α khác xa nhau và L_{to} như nhau thì độ dài L_t ở nhiệt độ t của 2 vật sẽ khác nhau, nhờ đó mà biết được t và có thể lợi dụng chênh lệch độ dài dãn nở của hai vật tác động vào cơ cấu khuyếch đại cơ khí làm kim chỉ nhiệt độ t trên thước chia độ.

Nhiệt kế cơ khí ít khi dùng đo nhiệt độ mà hay dùng làm rơ le khống chế nhiệt độ hoặc cho tín hiệu nhiệt độ (hình 5-1) và đặc biệt là làm cái bù nhiệt độ cho một dụng cụ đo nào đó (làm mất ảnh hưởng của nhiệt độ xung quanh tới số chỉ của đồng hồ).

Ta thường gặp 2 loại nhiệt kế cơ khí sau:



Hình 5.1: Nhiệt kế cơ khí dùng làm rơle khống chế nhiệt độ hoặc cho tín hiệu nhiệt độ



Hình 5.2: Nhiệt kế cơ khí hình đũa

3.1.1. Nhiệt kế cơ khí hình đũa (hình 5.2)

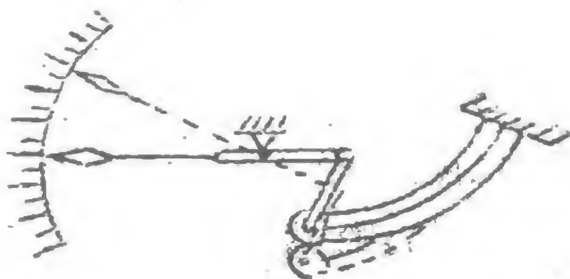
Loại này thường không dùng chỉ nhiệt độ mà dùng làm thiết bị cho tín hiệu trong hệ thống tự động. Cơ cấu chính là 1 ống làm bằng kim loại có hệ số nở dài α lớn như đồng thau, đồng vàng, thép, nhôm, trong ống có 1 chiếc đũa có hệ số α rất nhỏ như sứ, thạch anh, hợp kim Inva (gồm 64% Fe + 36% Ni).

Chiếc đũa luôn bị ép sát vào đáy ống trong khi đầu kia của ống được giữ cố định nên khi nhiệt độ thay đổi thì đầu ngoài của chiếc đũa sẽ bị xê dịch, chuyển động đó sẽ được khuếch đại bằng các đòn bẩy để cho tín hiệu.

3.1.2. Nhiệt kế cơ khí bản kim loại kép

Do 2 bản kim loại có hệ số dãn nở khác xa nhau ghép với nhau, lúc nhiệt độ biến đổi thì 2 bản dãn nở khác nhau, nếu 1 đầu bản kim loại được giữ cố định thì đầu kia sẽ xê dịch nhiều hay ít tuỳ theo biến đổi của nhiệt độ. Nhờ đó mà có thể làm kim chỉ nhiệt độ. Bản ghép 2 kim loại thường làm thành hình dây tóc hoặc hình lò xo để độ xê dịch của đầu tự do tăng lên nhiều, làm cho dụng cụ nhạy hơn (hình 5-3). Các bản kim loại thường làm bằng đồng thau (70% Cu + 30% Zn) và Inva.

Nhiệt kế bản kim loại kép thường dùng đo nhiệt độ không khí, cấp chính xác 2,0 hoặc 2,5.



Hình 5.3: Nhiệt kế bản kim loại kép

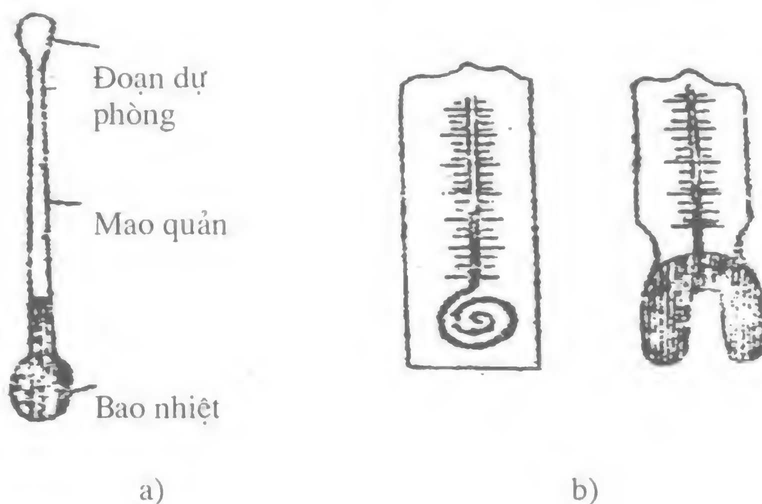
Bảng 5.1: Hệ số nở dài của một số vật liệu làm nhiệt kế cơ khí

Tên vật liệu	$\alpha.10^4.1/^0C$	Phạm vi nhiệt độ
Nhôm 90%	0,238 ÷ 0,310	0 ÷ 500
Đồng	0,183 ÷ 0,236	0 ÷ 400
Đồng đỏ	0,153	0 ÷ 150
Ống hợp kim CrM	0,123	0 ÷ 100
Thép Ni (20 ~22%)	0,200	0 ÷ 500
Thép không rỉ	0,009	0 ÷ 200
Hợp kim Inva	0,00001	

3.2. Nhiệt kế chất lỏng

Đó là nhiệt kế lâu đời nhất, cơ cấu chính của nó gồm 1 ống kín bằng thuỷ tinh hoặc thạch anh trong đựng thuỷ ngân hoặc chất lỏng hữu cơ nên còn gọi là nhiệt kế thuỷ tinh - thuỷ ngân hoặc nhiệt kế thuỷ tinh - chất hữu cơ (gọi tắt là nhiệt kế thuỷ ngân hoặc nhiệt kế chất hữu cơ). Ống thuỷ tinh gồm ba bộ phận:

Bao nhiệt là bầu đựng chất lỏng đo nhiệt độ, nó trực tiếp tiếp xúc với môi trường cần đo nên nhiều khi phải tăng bề mặt nhận nhiệt của bao nhiệt để được số đo nhanh chóng hơn, mao quản là một ống có lỗ rất nhỏ nối tiếp với bao nhiệt khi nhiệt độ tăng thì chất lỏng trong bao nhiệt dãn nở dâng lên trong mao quản nên nhờ độ cao cột chất lỏng mà biết được nhiệt độ bao nhiệt, đoạn dự phòng nằm trên cùng, đoạn này có thể là phần trên của mao quản hoặc là 1 túi có dung tích lớn hơn để chứa chất lỏng dãn nở khi nhiệt độ vượt quá phạm vi đo của nhiệt kế, nhờ đó nhiệt kế không bị vỡ (hình 5-4).



Hình 5.4
a. Nguyên lý cấu tạo nhiệt kế ống thuỷ tinh
b. Bao nhiệt có mặt nhận nhiệt lớn.

Ống thuỷ tinh dãn nở rất ít và hệ số dãn nở của thuỷ tinh thông thường là $0{,}02 \times 10^{-3}$ ($1/^0C$), trái lại chất lỏng bên trong có hệ số dãn nở rất lớn so với thuỷ tinh nên loại nhiệt kế này cho kết quả đo rất chính xác, các phương pháp đo khác khó được chính xác như vậy. Thuỷ ngân có hệ số dãn nở là $0{,}18 \times 10^{-3}$ ($1/^0C$). Hệ số dãn nở tương đối so với thuỷ tinh là $0{,}16 \times 10^{-3}$ ($1/^0C$). Tuy hệ số dãn nở không lớn như các chất hữu cơ nhưng thuỷ ngân không dính vào vách ống, khó ôxy hoá, dễ kiếm nguyên chất và phạm vi nhiệt độ ứng với thể lỏng của nó khá rộng vì ở khí áp tiêu chuẩn Hg có điểm đông là $-38{,}86^0C$ và điểm sôi là $556{,}7^0C$ nên nhiệt kế Hg rất thông dụng. Ở nhiệt độ dưới 200^0C, thể tích

dãn nở thêm của Hg gần như biến đổi đường thẳng đối với nhiệt độ nên nhiệt kế Hg được dùng nhiều hơn các nhiệt kế hữu cơ.

Nhiệt kế Hg đo dưới 100^0C thì trong ống thuỷ tinh không cần nạp khí, đo nhiệt độ cao hơn và nhất là muốn nâng cao hạn đo trên thì phải nâng cao điểm sôi của nó bằng cách nạp khí trơ (thường là N) và nén dưới áp suất cao, trong trường hợp này phải dùng thuỷ tinh chịu được nhiệt độ và áp suất cao hoặc là dùng thạch anh thì tốt hơn. Ví dụ nhiệt kế Hg nạp N ở 20 bar thì đo được tới 500^0C, ở 70 bar thì có thể đo tới 750^0C.

Nhiệt kế thuỷ tinh kỹ thuật thường đo trên tới 500^0C, loại chuẩn mẫu thì tới 600^0C. Nhiệt kế thạch anh thì hạn đo trên có thể tăng thêm.

Nhiệt kế chất hữu cơ chủ yếu dùng đo nhiệt độ thấp, có thể tới -200^0C, vì điểm đông và điểm chuẩn sôi thấp. Hệ số dãn nở của nó gấp khoảng 6 lần của Hg nhưng biến đổi theo nhiệt độ nên độ chia của nhiệt kế không đều, chất hữu cơ dễ bám vào vách ống, nhiệt dung lớn gấp 12 lần của Hg nên quán tính nhiệt lớn, khó kiếm nguyên chất vì vậy ít dùng hơn.

Nói chung nhiệt kế dãn nở chất lỏng đơn giản, rẻ tiền, sử dụng dễ dàng thuận tiện và khá chính xác nên được dùng rất phổ biến. Khuyết điểm chung là đo chậm trễ nên không thích hợp với môi trường nhiệt độ biến đổi nhanh, khó đọc số, dễ vỡ, không tự ghi được số đo, phải đo tại chỗ và không đưa số đo đi xa được, không thích ứng với nhiều đối tượng cần đo (ví dụ đo nhiệt độ các vật rắn, đo nhiệt độ tại 1 điểm, 1 mặt).

Bảng 5.2

Chất lỏng đo nhiệt độ	Phạm vi đo có thể
Hg	$-30 \div 700^0C$
Tôluen	$-90 \div 100^0C$
Rượu êtilic	$-100 \div 75^0C$
Ete dầu mỡ	$-130 \div 250^0C$
Pentan	$-190 \div 20^0C$

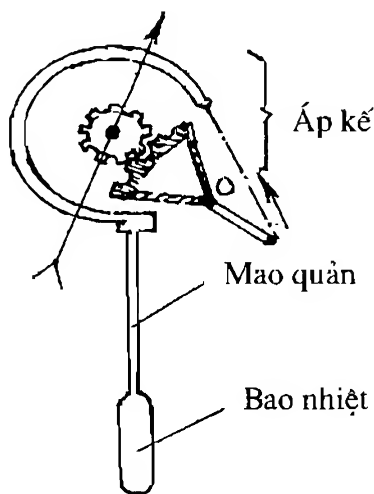
4. Nhiệt kế kiểu áp kế

4.1. Nguyên lý làm việc của nhiệt kế kiểu áp kế

Khi chất lỏng hoặc chất khí được chứa trong một thể tích không thay đổi, nếu nhiệt độ tăng lên thì chất lỏng và chất khí sẽ dãn nở nhiệt, nhưng thể tích bình chứa không thay đổi, do vậy áp suất tác động lên thành bình sẽ tăng lên. Sự tăng áp suất này sẽ tác động đến cơ cấu chỉ thị. Vậy áp suất là hàm số của nhiệt độ.

$P = f(t)$, khi đo được áp suất sẽ suy ra được nhiệt độ.

4.2. Cấu tạo của nhiệt kế kiểu áp kế (xem hình 5.5)



Hình 5.5: Nhiệt kế kiểu áp kế

Nhiệt kế áp kế cũng có 3 bộ phận chính: Bao nhiệt, mao quản, bộ phận chỉ thị. Khoảng đo nhiệt độ từ $-50^0C \div 550^0C$. Áp suất làm việc tới 60 at, giá trị đo chỉ thị bằng kim chỉ thị hoặc tự ghi trên băng giấy. Tín hiệu có thể truyền xa tới 60 mét. Cấp chính xác của nhiệt kế áp kế: 4; 2,5; 1,6; 1.

Nhiệt kế áp kế còn được sử dụng làm rơle nhiệt trong hệ thống tự động khống chế nhiệt độ.

Ví dụ: Thermostat trong tủ lạnh, trong các bếp điện, lò nướng, tủ sấy.

Nhiệt kế áp kế chịu được chấn động, cấu tạo đơn giản nhưng quán tính lớn, sửa chữa khó khăn.

- ***Bao nhiệt***

Bao nhiệt chứa chất lỏng hoặc chất khí, nó là bộ phận nhạy cảm và được đặt vào trong môi trường cần đo nhiệt độ.

Bao nhiệt là ống đồng hoặc ống thép không gỉ, đầu cuối được hàn kín, còn đầu trên hàn nối với ống có đường kính nhỏ hơn (d = 6mm, chiều dài đóng vai trò của bộ phận trung gian).

Kích thước, độ dày của bao nhiệt, vật liệu làm bao nhiệt có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của nhiệt kế.

- ***Mao quản*** (bộ phận trung gian)

Mao quản là một ống dẫn có đường kính trong rất nhỏ. Vật liệu chế tạo ống mao dẫn là đồng kéo nguội hoặc ống thép không hàn. Trong ống mao quản cũng chứa chất lỏng hoặc chất khí. Chiều dài ống mao quản dài tới 20, thậm chí tới 60m. Đường kính ngoài 3mm; đường kính trong 0,36mm. Để bảo vệ ống mao quản người ta bọc phía ngoài ống mao quản bằng ống kim loại mềm hoặc dây xoắn bằng kim loại, hoặc ống cao su.

- ***Bộ phận chỉ thị***

Ở đây bộ phận chỉ thị là áp kế ống kiểu lò xo có thể cung bằng 3/4 vòng tròn (270^0) hoặc là nhiều vòng tròn xoắn để tăng độ xê dịch của đầu tự do.

Áp kế cũng có thể có dạng hộp đàn hồi tạo bởi màng kim loại làm hệ thống đòn bẩy chuyển dịch. Tiết diện cắt ngang của ống lò xo thường có dạng hình bầu dục hoặc elíp. Khi áp suất tăng lên, tiết diện ống sẽ thay đổi và có khuynh hướng trở thành hình tròn, nghĩa là trục ngắn của tiết diện sẽ tăng lên. Vật liệu chế tạo ống lò xo là đồng thau (hợp kim của đồng và kẽm) và các hợp kim khác của đồng. Nếu áp suất cao thì dùng ống thép.

Chất lỏng chứa trong hệ thống kín có dung tích không đổi, khi nhiệt độ bao nhiệt biến đổi thì áp suất trong hệ thống kín cũng biến đổi và nó làm hệ thống đòn bẩy kéo kim chỉ trên thước chia độ hoặc bút ghi trên đĩa giấy.

4.3. Các loại nhiệt kế kiểu áp kế

4.3.1. Nhiệt kế áp kế dùng chất lỏng

- *Nguyên lý hoạt động*

Áp suất của một thể tích cố định của chất lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ của chất lỏng. Dựa trên nguyên lý này, người ta chế tạo nhiệt kế kiểu áp kế dùng chất lỏng.

$$P - P_o = \frac{\beta}{\xi} x(t - t_0)$$

P - Áp suất của chất lỏng tương ứng với nhiệt độ.

P_o - Áp suất của chất lỏng tương ứng với nhiệt độ t^o

β - Hệ số dãn nở thể tích của chất lỏng ($1/^0C$)

ξ - Hệ số nén ép của chất lỏng (cm^2/kg) hoặc 1/at)

Ví dụ: Đối với thuỷ ngân (hg):

$\beta = 18.10^{-5}$ ($1/^0C$)

$\xi = 0{,}4.10^{-5}$ (1/at)

Ta có:

$$P - P_o = \frac{18x10^{-5}}{0,4x10^{-5}}(t - t_0) = 45x(t - t_0) \text{ (at)}$$

Vậy: nếu chất lỏng là thuỷ ngân thì khi nhiệt độ tăng lên 1^0C, áp suất sẽ tăng thêm 45 at.

Chất lỏng chứa trong hệ thống kín có dung tích không đổi, khi nhiệt độ bao nhiệt biến đổi thì áp suất trong hệ thống kín cũng biến đổi và nó làm hệ thống đòn bẩy kép kim chỉ trên thước chia độ hoặc bút ghi trên đĩa giấy.

4.3.2. Nhiệt kế áp kế sử dụng khí (Nhiệt kế áp kế chất khí)

- Nguyên lý hoạt động:

Ta có phương trình của khí lý tưởng: PV = RT

Trong hệ thống kín, thể tích không thay đổi; nếu trong thể tích này chứa khí lý tưởng thì ta có:

$$P/T = const$$

Có nghĩa: Khi nhiệt độ thay đổi thì áp suất sẽ thay đổi theo. Áp suất thay đổi sẽ làm xê dịch đầu tự do của áp kế lò xo. Đo độ xê dịch này sẽ biết được áp suất P, từ giá trị áp suất P đo được ta suy ra nhiệt độ T.

Trong thực tế, người ta dùng các khí trơ có tính chất gần giống với khí lý tưởng. Ví dụ: Khí Heli (He), khí nitơ (N_2).

Do nhiệt độ của bao nhiệt khác với nhiệt độ của ống mao quản và khác với nhiệt độ của ống lò xo, nên khi tính toán và thiết kế phải căn cứ vào trọng lượng chất khí.

Khi chia độ, chất khí có áp suất là P_0 và nhiệt độ là T_0. Gọi trọng lượng khí chứa trong hệ thống kín là G. Thể tích của bao nhiệt là V_{bn} ; thể tích của ống mao quản và ống lò xo là V_{mq}; V_{lx}.

4.3.3. Nhiệt kế áp kế dùng hơi bão hoà

- Nguyên lý hoạt động:

Ta biết rằng: Trên mặt thoáng của một chất lỏng, ứng với mỗi áp suất có một nhiệt độ sôi tương ứng. Hơi chất lỏng ứng với nhiệt độ sôi được gọi là hơi bão hoà.

Ví dụ: Khí áp suất ở mặt thoáng bằng 1 at thì:

+ Axeton (C_3H_6O) có $t_{sôi} = 56,1^0C$

+ Cloruamêtilen (C_2H_5Cl) có $t_{sôi} = 12,2^0C$

+ Cloruamêtilen (CH_3Cl) có $t_{sôi} = - 23,7^0C$

Các chất lỏng này ở điều kiện bình thường rất dễ bay hơi vì nhiệt độ sôi của nó rất thấp.

$$P_{\text{bão hoà}} = f(t_{\text{sôi}})$$

Người ta đo áp suất hơi bão hoà $P_{\text{bão hoà}}$ rồi suy ra nhiệt độ $t_{\text{sôi}}$. Vậy ứng với mỗi nhiệt độ đo, ta chỉ có hệ thống kín (bao nhiệt + ống dẫn + áp kế), chỉ phụ thuộc nhiệt độ cần đo mà không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường xung quanh áp kế. Đó là ưu điểm lớn nhất của nhiệt kế hơi bão hoà. So với các nhiệt kế áp kế chất lỏng hoặc chất khí thì nhiệt kế hơi bão hoà có ưu việt là bao nhiệt nhỏ hơn, nhạy hơn và sai số nhỏ.

So sánh 3 loại nhiệt kế kiểu áp kế:

Đặc tính kỹ thuật	**Nhiệt kế kiểu áp kế**		
	Chất lỏng	**Chất khí**	**Hơi bão hoà**
Chất	Hg; rượu mêtilic Glixerin	N2	CH_3CL ; C_3H_6O C_2H_5CL
Khoảng đo [^{0}C]	- 40 -> 550 [^{0}C]	0 -> 300 [^{0}C]	- 60 -> 250 [^{0}C]
Độ chính xác	-	± 1,5 -> ± 2,5 %	± 2,5 %
Thước chia độ	Chia đều	Chia đều	Chia không đều
Bù nhiệt độ xung quanh	Cần	Cần	Không cần
Áp suất ban đầu	25 bar	20 bar	≈ bar
Áp suất cực đại	175 bar	45 bar	55 bar
Độ dài nhất của ống dẫn	20m	60m	60m

5. Nhiệt kế điện trở

5.1. Nguyên lý đo nhiệt độ bằng nhiệt kế điện trở

- *Nguyên lý đo*

Điện trở là một đặc tính vật liệu có quan hệ với nhiệt độ: $R_t = f(t)$, do đó nếu xác định được mối quan hệ đó thì chỉ cần đo điện trở là biết được nhiệt độ của vật.

R_t - Điện trở của vật dẫn (dây dẫn, chất bán dẫn) ứng với nhiệt độ t [^{0}C]

- *Đặc điểm của nhiệt kế điện trở*

+ Đạt được độ chính xác rất cao (chính xác tới 0,02^{0}C).

+ Nhiệt kế điện trở kim loại đo từ -200^{0}C đến 650^{0}C.

+ Nhiệt kế điện trở làm bằng vật liệu bán dẫn đo từ -50^{0}C đến 250^{0}C.

+ Vì đo điện trở nên phải có nguồn điện, trong thực tế kích thước của nhiệt kế điện trở thường lớn, nên phạm vi sử dụng bị hạn chế.

5.2. Những yêu cầu kỹ thuật đối với các vật liệu dùng làm điện trở của nhiệt kế điện trở

- *Hệ số điện trở α phải lớn*

$R_t = R_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$

R_t; R_0: điện trở ở nhiệt độ t và nhiệt độ tiêu chuẩn $t_0 = 0^0C$

α: Hệ số nhiệt điện trở của vật liệu [1/độ]; hệ số này cần đảm bảo:

- α có giá trị lớn

- Tốt nhất là α = const. (khi đó thang chia độ sẽ đều); nếu giá trị α thay đổi theo nhiệt độ thì phải thay đổi có quy luật đều đặn.

- Trong khoảng đo, α phải $\neq 0$ và không đổi dấu.

- *Cần có điện trở suất lớn (ρ lớn)*

Giá trị của điện trở càng lớn thì càng dễ đo điện trở, muốn điện trở lớn thì điện trở suất phải lớn.

- *Cần chịu được tác dụng của môi trường xung quanh.*

- *Dễ chế tạo, bền:*

Trong thực tế, người ta hầu như không sử dụng các hợp kim vì hệ số nhiệt điện trở của hợp kim thường nhỏ. Các kim loại nguyên chất thường có α lớn (α ≈ 0,004 [1/độ]. Trong thực tế, người ta thường sử dụng P_t (bạch kim), Cu; Ni; Fe.

5.3. Cấu tạo của nhiệt kế điện trở

- Để đo chính xác và chắc chắn ta cần có R_0 lớn.

- Muốn có R_0 lớn thì dây dẫn phải có đường kính nhỏ và chiều dài của dây phải lớn; điện trở suất của vật liệu ρ phải lớn. Nhưng cũng cần lưu ý rằng: điện trở lớn thì dây dẫn sẽ bị nóng khi có dòng điện chạy qua, dây bị nóng sẽ làm giảm độ bền cơ học và gây ra sai số phụ. Để kết hợp các yếu tố nêu ở trên, người ta thường chế tạo các nhiệt kế điện trở có R_0 bằng:

+ Dây đồng (Cu): $R_0 = 53$; 100 [Ω]

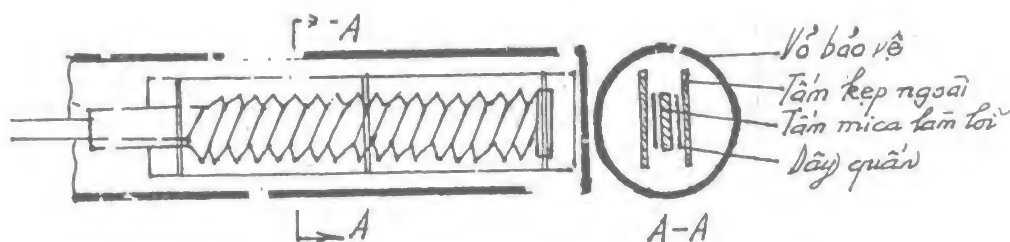
+ Dây bạch kim (Pt): $R_0 = 10$; 46; 100 [Ω]

5.3.1. Cấu tạo của nhiệt kế điện trở

Lõi: Lõi dùng làm cốt để quấn dây trên lõi đó; lõi phải có tính cách điện cao, độ bền cơ học lớn. Vật liệu làm lõi: mica; thạch anh; sứ.

Lõi bằng micca chỉ làm việc đến 500^0C, vì trên nhiệt độ này, mi ca sẽ mất nước và vỡ vụn. Tấm mi ca có răng ở hai cạnh bên để giữ dây quấn. Sau khi

quấn dây lên trên lõi, người ta dùng hai tấm mica khác có kích thước lớn hơn ép giữ ở hai bên rồi buộc lại bằng sợi dây bạc. Tất cả được đặt trong một ống bảo vệ bằng kim loại. Để truyền nhiệt tốt, có thể kẹp ngoài bằng 2 tấm dura dầy 0,1 [mm]. Lõi mica có thể có dạng 2 tấm đặt bắt chéo (xem hình 5.6).



Hình 5.6: Nhiệt kế điện trở

Vào trong ống bảo vệ bằng kim loại. Khi đo nhiệt độ ở áp suất khí quyển, ta có thể khoan nhiều lỗ trên vỏ bảo vệ để giảm quán tính nhiệt.

+ Khoảng đo nhiệt độ từ -50^{0}C đến 180^{0}C.

+ R_0 = 53 hoặc 100 [Ω]

- Nhiệt kế điện trở bán dẫn:

Sau năm 1940, vật liệu bán dẫn được dùng làm nhiệt kế điện trở. Nhiệt kế điện trở bán dẫn rất nhạy cảm nhiệt. Khoảng cách đo nhiệt độ tới 180 ^{0}C.

$R_T = R_0 \, . \, e^{B(T^{-1} - T_0^{-1})}$

R_T và R_0 là điện trở của chất bán dẫn ở nhiệt độ T và T_0 [Ω]

B: hệ số phụ thuộc vào bản chất của chất bán dẫn và cách chế tạo. Khi nhiệt độ không lớn, ta có thể coi B = const.

+ Hệ số nhiệt điện trở $\alpha = \dfrac{\frac{dR}{R_0}}{dT} = -B.T^{-2}$ lớn gấp 10 lần so với hệ số nhiệt điện trở của kim loại. Chính vì vậy, nhiệt kế điện trở bán dẫn rất nhạy, kích thước rất bé: Chiều dài ≤ 1 [cm]; đường kính d ≤ 3 [mm]. Ta có thể xác định giá trị B theo công thức:

$$B = \frac{\lg \dfrac{R_T}{R_0}}{\left(\dfrac{1}{T} - \dfrac{1}{T_0}\right) \lg e}$$

Chất bán dẫn thường dùng là: Cobal - Mangan (KMT)

5.3.2. Đặc tính của các nhiệt kế điện trở thường gặp

- Nhiệt kế điện trở bạch kim

+ Bạch kim (Pt) là kim loại quý

Môi trường ôxy hoá (CO, O_2)	Môi trường hoàn nguyên (có CO,H_2)
- Tính lý hoá ổn định	- Dây dễ bị giòn nên phải có vỏ bảo vệ - Quan hệ R và nhiệt độ t thay đổi

+ Khoảng đo nhiệt độ: từ -190^{0}C đến 650^{0}C

$R_t = R_0 (1 + A.t + B.t^2)$

$A = 3,950 \cdot 10^{-3}$ [1/độ]

$B = -5,850. 10^{-7}$ [1/độ^2]

+ Điện trở suất $\rho_0 = 0,981 \cdot 10^{-6}$ [Ω.m]

+ Dây bạch kim không sơn cách điện, đường kính dây d = 0,07 [mm] hoặc kiểu sợi lạt có tiết diện cắt ngang bằng 0,002 [mm^2]

+ Chiều dài phần nhạy cảm không nhỏ hơn 90 [mm]

- Nhiệt kế điện trở đồng (Cu)

+ Điện trở suất $\rho_0 = 0,0155 \cdot 10^{-6}$ [Ω.m]

+ Dễ kiếm, nguyên chất, dễ gia công

+ Mặt ngoài của dây có sơn cách điện (sơn cách điện chỉ chịu được nhiệt độ tới 180 ^{0}C).

+ Hệ số nhiệt điện trở $\alpha = (4,25 \div 4,28) \cdot 10^{-3}$ [1/độ]

+ Trong khoảng nhiệt độ từ -50^{0}C đến 180^{0}C có $R_t = R_0 (1 + \alpha.t)$ (quan hệ R và t là tuyến tính).

+ Dây có đường kính d = 0,1 [mm]. Có thể cuốn chập đôi và cuốn làm nhiều lớp.

+ Lõi quấn có thể bằng nhựa (vì khoảng đo nhiệt độ < 180^{0}C).

+ Dây dẫn nối với đồng hồ chỉ thị vẫn là dây đồng, nhưng đường kính dây lớn hơn ($d = 1 \div 1,5$ [mm])

Đồng - Mangan (MMT)

5.4. Cách đo điện trở (dụng cụ thứ cấp của nhiệt kế điện trở)

5.4.1. Tỷ số kế

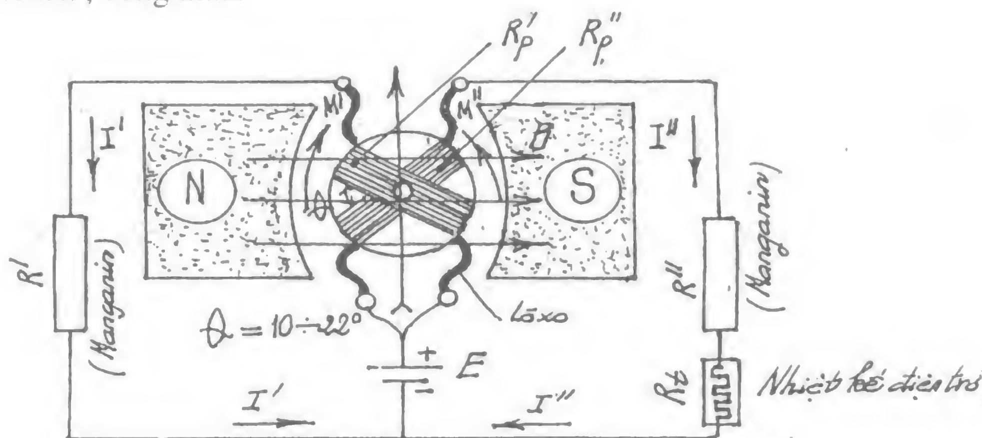
Nguyên lý đo: So sánh tỷ số của hai dòng điện, trong đó có một dòng điện chạy qua nhiệt kế điện trở. Tỷ số này biểu thị qua góc quay của kim chỉ thị.

Nhiệt kế điện trở dùng lõi bằng thạch anh: lõi thạch anh có hình trụ tròn. Sau khi quấn dây bạch kim (Pt) lên trên lõi, người ta đặt vào trong một ống thạch anh khác, đầu dưới kín để cách điện. Dáng bên ngoài của nhiệt kế điện trở rất giống cặp nhiệt điện (cặp nhiệt điện sẽ được trình bày ở phần tiếp theo).

+ Chiều dài của lõi thường nhỏ hơn 100 [mm]

+ Những nhiệt kế điện trở dùng để đo nhiệt độ dưới 0^0 C thì phần tử nhạy cảm thường đặt trong ống nhôm, phía trong có chứa dầu paraphin để tránh nước kết tinh.

+ Vỏ bảo vệ của nhiệt kế điện trở thường làm bằng thép hợp kim: X20 hoặc 1X18H9; đồng thau.



Hình 5.7: Tỷ số kế

+ Một lõi sắt từ hình trụ, trên lõi sắt có hai khung dây đồng, đường kính dậy đồng nhỏ. Hai khung này tạo với nhau một góc θ; θ = 10^0 đến 22^0. Điện trở của hai khung dây là R'_p và R''_p

+ Toàn bộ lõi sắt và khung dây được đặt vào trong khe hở của một nam châm vĩnh cửu. Khe hở không đều để tạo ra cường độ từ cảm B không đều, cụ thể là giảm dần từ bên trong ra bên ngoài.

+ Dòng điện dẫn vào hai khung dây nhờ các lò xo xoắn ốc có mômen chống đối nhau, để khi ngắt điện kim chỉ thị có thể quay về vị trí ban đầu.

+ R_t là điện trở của nhiệt kế mà ta đang cần đo.

+ R' và R'' là các điện trở làm bằng vật liệu manganin (hợp kim của Cu, Mn, Ni). Số vòng dây trong mỗi khung dây bằng nhau; và mắc sao cho các mô men quay M' = M'' và hai mômen này có hướng ngược chiều nhau. Ta giả thiết ở nhiệt độ t_0 nào đó, ta có: R' = R'' + R_{t0}, khi đó ta có:

$$I' = \frac{E_a}{R' + R'_p} \qquad I'' = \frac{E_a}{R' + R_{t0} + R''_p}$$

$R'_p = R''_p$; $R' = R'' + R_{t0}$; R_{t0} điện trở của nhiệt kế điện trở ở nhiệt độ t_0. Khi đó hệ thống sẽ ở vị trí đối xứng với đường N-S, ở vị trí này từ cảm.

B' = B'' và M' = M''

Nếu R_t tăng lên thì I'' < I', có nghĩa là M'' < M'

Mômen = 2 (r.F); r là cánh tay đòn (bán kính của khung dây); F là lực điện từ, F = n.C.B.I.L

N: Số vòng dây trong cuộn dây

C: Hệ số tỷ lệ

B: Độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu.

L: Chiều dài của một vòng dây

I: Cường độ dòng điện chạy qua khung dây

Khi M'' < M' thì hệ thống động sẽ quay theo chiều như hình vẽ 5.7. Khi đó khung dây R'_p sẽ đi ra phía ngoài của khe hở có B giảm; khung dây R''_p sẽ đi vào phía trong của khe hở có B'' lớn. Như vậy M' sẽ giảm đi và M'' sẽ tăng lên, tới một góc quay nào đó ta có được sự cân bằng mới M' = M''

$2.C_1.r_1.L_1.B'.I' = 2.C_2.r_2.L_2.B''.I''$

$r_1 = r_2$; $C_1 = C_2$; $L_1 = L_2$. Vậy

B''. I'' = B' . I'   Suy ra $\frac{I'}{I''} = \frac{B''}{B'}$

Vế phải của phương trình (*) là hàm số của góc quay φ

$\frac{I'}{I''} = f(\varphi)$ Hay $\varphi = \phi \frac{I'}{I''}$ (1);

thay $I' = \frac{E_a}{R' + R'_p}$ và $I'' = \frac{E_a}{R'' + R_t + R''_p}$ vào (1) có: $\varphi = \phi (R_t)$

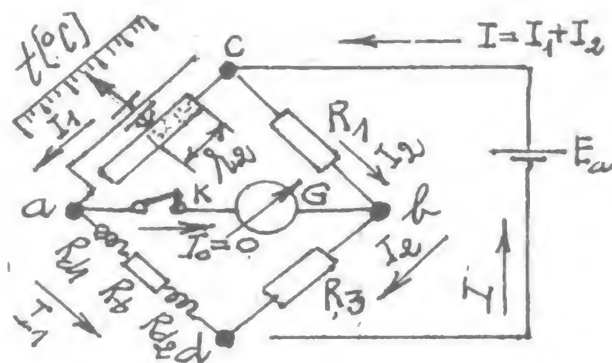
Góc quay không phụ thuộc vào giá trị của nguồn điện E_a (trong một phạm vi nào đó), góc quay chỉ phụ thuộc vào trị số của R_t.

Ghi chú: Khi E_a lớn thì mômen từ khá lớn nên mômen do các lò xo sinh ra ít ảnh hưởng đến kết quả đo, nhưng nếu E_a giảm đi thì mô men từ giảm và ảnh hưởng của mômen lò xo là đáng kể. Điều đó giải thích vì sao nói: góc quay φ chỉ không phụ thuộc vào trị số Ea trong một giới hạn nào đó. Trong các tỷ số kế Ea = 4,5 [v].

5.4.2. Cầu cân bằng điện trở

- Nguyên tắc đo của cầu cân bằng: ứng dụng phương pháp bù hay còn gọi là đo số "0"

- Sơ đồ cân bằng điện trở (xem hình 5.8)



Hình 5.8: Cầu cân bằng điện trở

Gọi $Rd_1 + R_t + Rd_2 = R^*$

R_1 và R_3 có giá trị không đổi (làm bằng vật liệu manganin), R_t: điện trở của nhiệt kế điện trở, giá trị của nó thay đổi theo nhiệt độ.

Rd_1 và Rd_2 điện trở của dây nối nhiệt kế với dụng cụ đo. r_2 biến trở của con chạy, giá trị của r_2 được đọc khi điện kế G chỉ số "0".

Để không có dòng điện chạy qua điện kế G thì Uab phải bằng 0. Khi $U_{ab} = 0$ ta có: $R_1.R^* = r_2 \cdot R_3$

(Tích số chéo của các điện trở trong cầu cân bằng sẽ bằng nhau, khi $U_{ab} = 0$). Thay $R^* = Rd_1 + Rt + Rd_2$ ta có $R_1.(Rd_1 + Rt + Rd_2) = r_2.R_3$

Vì $R_1 = R_3 = const$, Rd_1 và Rd_2 cũng cố định, vậy ứng với mỗi Rt ta có một giá trị r_2. Từ giá trị r_2 ta suy ra R_t tương ứng, có nghĩa là đã tìm được nhiệt độ tương ứng. Trên thanh chuyển dịch con chạy của biến trở r_2 ta không dùng thang điện trở mà dùng thang nhiệt độ tương ứng với điện trở.

6. Nhiệt kế cặp nhiệt

Hiện tượng nhiệt điện được Seebeck phát hiện ra vào khoảng năm 1822 - 1823, nhiều nhà khoa học sau đó đã nghiên cứu cả về lý luận lẫn thực nghiệm và tìm cách ứng dụng trong kỹ thuật. Sự biến đổi từ nhiệt năng thành điện năng đó được gọi là hiệu ứng nhiệt điện, hiệu ứng này ngày càng được chú ý nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong đo lường. Trong công nghiệp, cặp nhiệt thường

dùng đo nhiệt độ từ -100^0 C đến + 1300^0 C, những cặp nhiệt đặc biệt có thể đo được nhiệt độ thấp hơn nữa hoặc cao hơn nữa.

Phương pháp đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt dựa vào hiệu ứng nhiệt điện có nhiều ưu điểm lớn sau đây:

+ Có đủ độ chính xác, phạm vi đo nhiệt độ rộng.

+ Thuận tiện cho việc tự ghi, đo từ xa, khắc độ từng điểm dễ dàng.

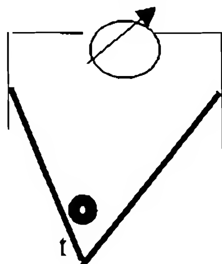
+ Có thể dùng một đồng hồ thứ cấp chung cho nhiều cặp nhiệt độ nên thực hiện được việc kiểm tra nhiệt độ của quá trình công nghệ một cách tập trung.

+ Đo được nhiệt độ trong các trường hợp đặc biệt mà các loại nhiệt kế khác không thể dùng đo được. Ví dụ: đo nhiệt độ trên các bề mặt, trong ống nhỏ.

+ Sử dụng dễ dàng, yêu cầu kỹ thuật không khó khăn phức tạp, rẻ tiền.

+ Dùng được phương pháp bù để đo sức điện động của cặp nhiệt nên loại trừ của ảnh hưởng do điện trở của mạch điện.

* Nguyên lý đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt:



Hình 5.9: Đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt

Cặp nhiệt cấu tạo bởi hai dây dẫn khác loại, hàn với nhau ở 1 đầu để đặt tại nơi cần đo nhiệt độ, đầu kia không hàn thì được nối tới đồng hồ dùng đo sức điện động do cặp cặp nhiệt phát ra. Dây dẫn cấu tạo thành cặp nhiệt gọi là cực nhiệt điện, mối hàn 2 cực nhiệt điện gọi là đầu làm việc hay đầu nóng, đầu dây cực nhiệt điện không hàn gọi là đầu tự do hay đầu nguội (lạnh). Cặp nhiệt còn có tên là gia nhiệt điện vì nó là nguồn phát ra sức nhiệt điện động (nhiệt ngẫu là danh từ Hán - Việt dùng chỉ cặp nhiệt). Sức điện động ở đây thường gọi là sức nhiệt điện động.

6.1. Những vật liệu làm cực của các cặp nhiệt điện

6.1.1. Các yêu cầu về vật liệu

+ Tính chất nhiệt điện phải ổn định

+ Tính chất nhiệt điện phải như nhau, dọc theo dây điện cực (tính đồng nhất về thành phần)

+ Sức điện động lớn và phải là hàm đơn vị của nhiệt độ.

+ Chịu được nhiệt độ cao

+ Dễ gia công, dễ chế tạo, giá rẻ

6.1.2. Các cặp nhiệt điện cơ bản (thường gặp)

- Cặp nhiệt điện Platin Rhodium - Platin (Pt.Rh - Pt)

+ Cực dương: Vật liệu là hợp kim Platin - Rhdium (90% Pt + 10% Rh)

+ Cực âm: Kim loại Platin nguyên chất

+ Khi đo ngắn hạn: Nhiệt độ cực đại có thể đo: 1.600^{0}C, ứng với nhiệt điện động bằng E (1600^{0}C) = 16,77 mV.

+ Khi đo dài hạn: Nhiệt độ cực đại có thể đo: 1300^{0}C, ứng với nhiệt độ này sức nhiệt điện động bằng 13,16 mV. Lý do: Vỏ bảo vệ không chịu được nhiệt độ cao và platin ở nhiệt độ cao sẽ hấp thụ hơi kim loại.

+ Giá thành đắt. Vì giá thành đắt nên các cặp nhiệt Platin Rho dium-Platin thường có đường kính dây nhỏ, d= 0,5mm (để tiết kiệm vật liệu)

+ Ưu việt: Tốt, bền, dễ chế tạo, sai lệch giá trị đo giữa các cặp là nhỏ.

- Cặp nhiệt Cromen - Alumen XA

+ Cực dương +: Vật liệu là hợp kim Cromen (80% Ni + 10% Cr + 10% Fe)

+ Cực âm -: Vật liệu là hợp kim Alumen (95% Ni + 5% Al, Si, Mn)

+ Khi đo ngắn hạn: nhiệt độ cực đại có thể đo t_{max} = 1100^{0}C

+ Khi đo dài hạn: Nhiệt độ cực đại có thể đo t_{max} = 900 ÷ 1000^{0}C (tuỳ theo độ bền của vỏ bảo vệ).

+ Môi trường ôxi hoá tốt hơn môi trường hoàn nguyên. Trong môi trường hoàn nguyên và không có vỏ bảo vệ thì cặp nhiệt XA bị hỏng ở khoảng nhiệt độ 700 ÷ 800^{0}C.

+ Đường kính dây: d = 1 ÷ 3mm

- Cặp nhiệt Cromen - Copen XK

+ Cực dương: Vật liệu là hợp kim Cromen (80% Ni + 10% Cr + 10% Fe)

+ Cực âm: Vật liệu là hợp kim Copen (56% Cu + 44% Ni)

+ Khi đo ngắn hạn: Nhiệt độ cực đại có thể đo t_{max} = 800^{0}C

+ Khi đo dài hạn: Nhiệt độ cực đại có thể đo t_{max} = 600^{0}C (vì Copen dễ bị oxy hoá ở 800^{0}C).

+ Đường kính dây: d = 1 ÷ 3mm

- Các cặp nhiệt điện khác:

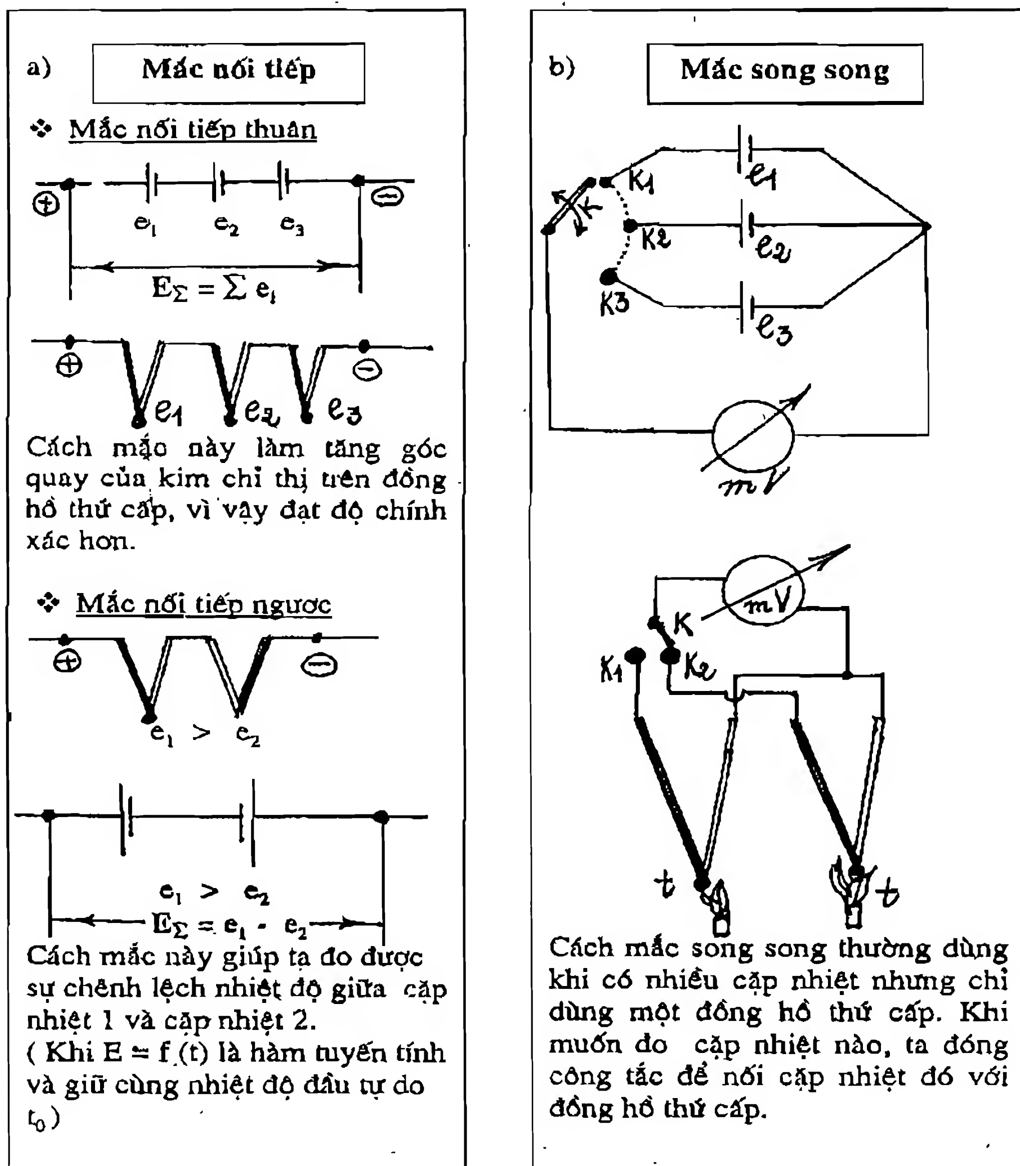
+ Cặp nhiệt Sắt - Copen K

+ Cặp nhiệt Đồng - Copen MK

6.1.3. Cách mắc nối các cặp nhiệt

Sức nhiệt điện động của cặp nhiệt là điện áp một chiều, vì lẽ đó cặp nhiệt còn được gọi là pin nhiệt điện. Việc mắc nối các cặp nhiệt giống như việc mắc nối các pin.

Cách mắc nối các cặp nhiệt:



Hình 5.10: Cách mắc các cặp nhiệt

III. ĐO ÁP SUẤT VÀ CHÂN KHÔNG

Tình trạng làm việc của các thiết bị thường có quan hệ mật thiết với áp suất làm việc (hoặc chân không) của các thiết bị đó. Thiết bị nhiệt lực ngày càng hay dùng áp suất và nhiệt độ làm việc cao nên rất dễ xảy ra sự cố nổ vỡ; trong một số trường hợp, áp suất (hoặc chân không) trực tiếp quyết định tính kinh tế của thiết bị; vì những lẽ đó nên đo áp suất cũng quan trọng như đo nhiệt độ, nhờ đó mà bảo đảm được an toàn cho người và thiết bị, giữ được điều kiện cần thiết để đảm bảo chất lượng sản phẩm và vận hành kinh tế của thiết bị.

1. Định nghĩa đơn vị đo

Áp suất được đặc trưng bởi tác dụng đồng đều trên một diện tích, nói khác đi thì áp suất là lực tác dụng thẳng góc trên một đơn vị diện tích. Từ định nghĩa trên ta thấy đơn vị đo áp suất được xác định bằng cách suy ra từ đơn vị đo lực và đơn vị đo diện tích, thang đo và các dụng cụ chuẩn đo áp suất trong phạm vi thường dùng cũng được xác lập một cách dễ dàng từ định nghĩa trên. Với các áp suất cao thì việc chế tạo các dụng cụ chuẩn để thể hiện thang đo càng khó khăn và sẽ không thực hiện được, vì lẽ đó cần phải tìm một thang đo thích hợp hơn để có thể dễ dàng thể hiện cụ thể bằng các dụng cụ chuẩn. Hiện nay người ta đang nghiên cứu thang đo áp suất nhiệt động học, nhờ dựa vào quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ nóng chảy của một số vật chất được chọn làm chuẩn để xác lập thang đo (ví dụ nhiệt độ nóng chảy của thuỷ ngân ở áp suất 10000 Kg/cm^2 là 285^0K, ở 20000kg/cm^2 là 334^0K).

Lớp không khí bao bọc trái đất tác dụng lên trên các vật một áp suất gọi là khí áp. Các áp kế dùng đo áp suất đều làm việc dưới tác dụng của khí áp nên chỉ cho biết hiệu số giữa áp suất tuyệt đối cần đo và khí áp, hiệu số đó được gọi là áp suất biểu kiến hay áp suất dư và chính là số chỉ của áp kế dùng trong công nghiệp. Nếu áp suất tuyệt đối nhỏ hơn khí áp thì áp suất biểu kiến có dấu âm (-), trong công nghiệp thường gọi là áp suất âm hoặc chân không. Đồng hồ đo chân không gọi là chân không kế hoặc áp kế âm. Đồng hồ đo áp suất âm có trị số nhỏ còn gọi là đồng hồ đo sức hút (hoặc đo độ rỗng). Thông thường khi nói áp suất tức là chỉ áp suất biểu kiến dương, khi nói áp kế tức là chỉ đồng hồ đo áp suất biểu kiến dương. Danh từ áp suất âm, áp suất dương là từ gọi tắt của áp suất biểu kiến âm, áp suất biểu kiến dương.

Theo lý thuyết thì ta không thể đo áp suất tuyệt đối vì không thể nào tạo được chân không tuyệt đối trong các khí áp kế dùng đo áp khí (trong khí áp kế

thuỷ ngân vẫn có áp suất hơi thuỷ ngân, trong khí áp kế hộp màng kim loại thì hộp màng kim loại luôn có áp suất tương ứng với nhiệt độ nên mới có thể chia độ khí áp kế thông qua áp suất đó). Càng gần chân không tuyệt đối thì càng khó xác định độ chân không, thang đo áp suất dựa theo định nghĩa trên không thể dùng cho phạm vi chân không thật cao (áp suất tuyệt đối rất nhỏ) vì vậy mà cũng phải lập một thang đo khác nhằm đáp ứng được yêu cầu đo lường các chân không cao.

Theo hệ thống đơn vị quốc tế (HTĐVQT) thì đơn vị đo áp suất là Niutơn/m^2 (N/m^2), đơn vị đó có khi được gọi là Pascal và kí hiệu là Pa. Vì Niutơn/m^2 quá nhỏ nên trong kỹ thuật còn cho phép dùng các đơn vị không thuộc HTĐVQT như bar, milimét cột Hg, milimét cột nước; giá trị của các đơn vị đó tính theo N/m^2 như sau:

1 bar = 1.10^5 N/m^2

1mm Hg = 133,322 N/m^2

1 mm H_20 = 9,80665 N/m^2

Đơn vị áp suất trong các hệ thống đơn vị khác (ví dụ: hệ thống CGS, MTS, MKS) thường không tiện dùng nên trước đây trong khoa học kỹ thuật thường dùng các đơn vị thực dụng, hiện nay cũng vẫn còn dùng các đơn vị đó nhưng dần dần sẽ thay thế bằng các đơn vị HTĐVQT. Đơn vị áp suất thực dụng thường hay dùng hơn cả là átmốtphe kỹ thuật.

1 atm kỹ thuật = 1Kg/cm^2 = 9, 80665 . 10^4 . .N/m^2 = 0,980665 bar

= 735,563 mm cột Hg = $1,10^4$ mm cột nước.

Riêng các nước Anh, Mỹ và 1 số nước khác quen dùng một hệ thống đơn vị riêng, đơn vị áp suất xác định bằng 1 pound Anh/ inch vuông (0,453592 Kg)/1 insơ vuông (6,4516 cm^2).

1 pound Anh = 1 lb lực/on^2 = 0,070307 Kg/cm^2 = 0,0689476 bar = 6894,76 N/cm^2 hoặc là 14,5038 poudn Anh/□'' = 1 bar

Chú ý: Pound là đơn vị khối lượng, kí hiệu là 1b; 1 pound Anh = 453,6 gam còn 1 pound Nga = 409,5 gam. Insơ viết tắt là in và kí hiệu là □''; 1 in = 25,4mm.

2. Phương pháp đo áp suất và chân không

Trong phạm vi áp suất và chân không thường dùng thì có thể chế tạo các dụng cụ đo có nguyên lý làm việc theo như định nghĩa của áp suất. Phương pháp đo thông thường nhất là cân bằng áp suất (hoặc chân không) cần đo với áp suất gây bởi một cột chất lỏng hoặc là áp suất gây bởi lực tác dụng trên một diện tích đã biết, ví dụ như áp kế ống chữ U, áp kế 1 ống, khí áp kế ống thuỷ

tinh - thuỷ ngân... hoặc áp kế chung, áp kế pitton. Các dụng cụ đo đó hiện nay vẫn còn thông dụng vì đơn giản, rẻ tiền, dễ sử dụng và có độ chính xác tương đối cao. Để thoả mãn yêu cầu chỉ số đo trong công nghiệp, người ta còn dùng các dụng cụ đo kiểu độ chênh lệch chất lỏng tạo thành độ xê dịch cơ học để cho biết kết quả đo; ví dụ như áp kế vòng xuyến, áp kế dùng phao thép đặt trong bình chứa Hg, các áp kế này thường dùng đo hiệu áp nên còn gọi là hiệu áp kế và khi dùng đo giáng áp của thiết bị tiết lưu mà chỉ số trên mặt chia độ tính theo lưu lượng thì gọi là lưu lượng kế. Trong công nghiệp dùng rất nhiều áp kế và chân không kế có cơ cấu đàn hồi, trong các dụng cụ đo này người ta dùng ứng lực của cơ cấu đàn hồi để cân bằng với lượng cần đo. Bộ phận nhạy cảm với biến đổi của lượng cần đo tạo nên tín hiệu ra là độ xê dịch cơ học tương ứng của cơ cấu đàn hồi, tín hiệu đó thông qua hệ thống chuyển đổi sẽ cho biết kết quả đo. Các dụng cụ đo tại chỗ thường dùng hệ thống chuyển đổi là hệ thống đòn bẩy để khuyếch đại độ xê dịch cơ học và cho biết kết quả đo, các dụng cụ đo từ xa thì hệ thống chuyển đổi thường biến độ xê dịch cơ học thành các tín hiệu điện để dễ đưa đi xa và cho biết số đo trên đồng hồ thứ cấp đặt ở xa. Áp kế và chân không kế đàn hồi không chính xác bằng các dụng cụ đo kiểu độ chênh cột chất lỏng và kiểu pittong, thước chia độ của chúng được xác định nhờ so sánh với số chỉ của các dụng cụ đo trên; song lại có nhiều tính năng thích hợp cho công nghiệp nên được sử dụng nhiều hơn cả.

Từ một số tính chất vật lý có quan hệ với áp suất và chân không người ta đã chế tạo ra nhiều dụng cụ đo áp suất hoặc chân không theo phương pháp điện như:

+ Chân không kế nhiệt điện trở dùng đo độ chân không của các khí loãng, thông qua sự biến đổi hệ số dẫn nhiệt của chất loãng khí đó.

+ Chân không kế ion đo độ chân không thông qua dòng ion trong khí loãng.

+ Áp kế kiểu áp - từ đo áp suất thông qua sự biến đổi hệ số dẫn từ của vật liệu sắt từ.

+ Áp kế kiểu áp - điện đo áp suất thông qua tính chất áp điện của các tinh thể thạch anh, tuôcnali.

+ Áp kế kiểu áp suất - điện dung, kiểu áp suất - điện trở...

Các dụng cụ này thường chỉ dùng trong một số trường hợp đặc biệt với phạm vi đo lường thích hợp nhất định.

3. Đo áp suất dùng cột chất lỏng

Trước đây rất lâu người ta đã biết cách đo áp suất (chân không) theo độ chênh cột chất lỏng. Phương pháp này cho tới nay vẫn được dùng rộng rãi trong phòng thí nghiệm và trong công nghiệp để đo hiệu áp, áp suất hoặc chân

không trong khoảng ± 1 at vì độ chính xác đạt được tương đối cao, thiết bị đơn giản không cồng kềnh, dễ chế tạo và sử dụng, giá thành rẻ. Các dụng cụ đo kiểu cột chất lỏng - ống thuỷ tinh chỉ thị số đo theo cột chất lỏng chênh lệch trong ống thuỷ tinh thường không dùng được cho các môi trường có áp suất tĩnh lớn, không thể đặt dụng cụ đo cách xa môi trường cần đo và đòi hỏi phải tìm cách đọc thật chính xác cột chất lỏng chênh lệch, đồng thời còn phải dùng các số bổ chính để làm mất sai số do biến đổi của nhiệt độ và gia tốc đối với cột chất lỏng và thước đo. Tên gọi mỗi dụng cụ đo này phụ thuộc vào nhiệm vụ đo lường của nó, song thông thường mỗi dụng cụ đều có một tên thường gọi lấy theo công dụng chính của nó; ví dụ: thường dùng đo áp suất thì gọi là áp kế, thường dùng đo áp suất nhỏ thì gọi là vi áp kế...

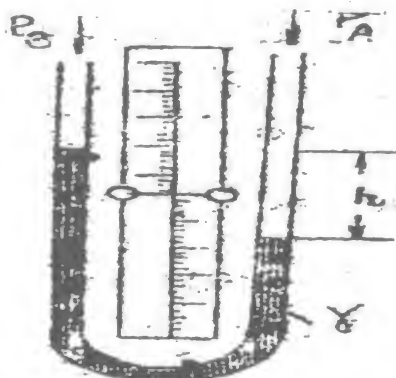
Trong công nghiệp, các dụng cụ đo kiểu cột chất lỏng đều dùng một ống kim loại chịu được áp suất cao thay cho ống thuỷ tinh, đồng thời lợi dụng độ xê dịch mức chất lỏng tạo thành độ chuyển dịch cơ học làm kim chỉ thị, tự ghi kết quả đo hoặc chuyển đổi độ chuyển dịch cơ học thành tín hiệu thích hợp cho việc truyền đi xa để thoả mãn các yêu cầu của công nghiệp; ví dụ: áp kế kiểu phao, áp kế kiểu vòng xuyến...

3.1. Dụng cụ đo kiểu cột chất lỏng - ống thuỷ tinh

Trong thí nghiệm, chúng ta thường gặp nhiều loại dụng cụ đo áp suất/ chân không kiểu cột chất lỏng - ống thuỷ tinh sau đây:

- ***Áp kế ống chữ U:***

Cấu tạo bởi một ống thuỷ tinh hình chữ U trong chứa chất lỏng và một thước chia độ theo đơn vị đo độ dài đặt thẳng đứng. Chất lỏng vừa làm nhiệm vụ cơ cấu chỉ thị đo lường vừa làm chất đệm ngăn cách môi trường cần đo với môi trường dùng so sánh. Khoảng cách đo thường dùng trong phạm vi ± 760mm cột Hg.



Hình 5.11: Áp kế ống chữ U

Gọi áp suất môi trường cần đo là P_A, môi trường so sánh P_B và đặt $P = P_A - P_B$ thì có thể tính P theo độ chênh cột chất lỏng h và trọng lượng riêng của chất lỏng đệm γ với công thức đơn giản sau:

$P = h.\gamma$

Gọi ρ là mật độ (hoặc khối lượng riêng) của chất lỏng đệm, g là độ gia tốc
$P = h\rho g$

G phụ thuộc vĩ độ địa lý và độ cao H (m) so với mặt biển của nơi tiến hành đo lường;

$$g = 980{,}665\frac{1-0{,}00265\cos 2\phi}{1+\dfrac{2H}{R}}$$

4. Áp kế đàn hồi

Các dụng cụ đo áp suất, chân không dùng trong công nghiệp phần lớn đều là loại dùng cơ cấu đàn hồi do tác dụng của áp suất cần đo tạo thành độ xê dịch cơ học rất thuận tiện cho việc chỉ thị, tự ghi, đưa số đo đi xa theo yêu cầu của công nghiệp. Bộ phận nhạy cảm thường là các ống đàn hồi hoặc các hộp có mảng đàn hồi có thể đo áp suất trong khoảng từ 0 đến 10000 KG/cm^2 và chân không từ 0 đến 760mm cột Hg, có loại có thể đo được áp suất tuyệt đối nhỏ tới 10^{-2}mmHg, dùng trong điều kiện phòng thí nghiệm và trong điều kiện sản xuất công nghiệp, sử dụng thuận tiện và giá rẻ nên được dùng rất phổ biến để đo áp suất, chân không, vừa đo áp suất vừa đo chân không, đo các áp suất âm và áp suất dương nhỏ, đo khí áp...

- Cơ cấu đàn hồi: Đó chính là bộ phận nhạy cảm của áp kế đàn hồi. Hiện nay thường dùng 3 loại cơ cấu đàn hồi là loại có màng, loại hộp đèn xếp và ống Buốc - đông. Ngoài các hình thức cơ bản đó, trong thực tế vẫn còn nhiều loại biến dạng cơ bản khác nữa.

4.1. Cơ cấu đàn hồi kiểu màng mỏng

Loại được dùng nhiều nhất là màng hình sóng, thường dùng đo áp suất thấp hoặc chân không. Để tăng độ nhạy của đồng hồ, người ta tăng độ xê dịch của phần giữa màng mỏng bằng cách ghép hai màng mỏng thành một hộp hoặc là ghép nối tiếp nhiều hộp như hình vẽ. Loại màng phẳng làm bằng kim loại dùng đo áp suất tương đối cao hơn, áp suất tác dụng đều trên màng.

Loại màng có tính dẻo thường làm bằng cao su hoặc vải đặc biệt tẩm nhựa tổng hợp (không bị sản phẩm dầu mỏ ăn mòn), phần giữa có hai miếng kim loại mỏng ép giữ. Loại này hay làm nhiều nếp răn để tăng độ xê dịch. Trên thực tế, phía sau màng lò xo đàn hồi nên lực tác dụng trên màng sẽ ép lò xo lại và màng chỉ có tác dụng cách ly môi trường cần đo áp suất thôi.

Khi mặt chịu áp suất giữ nguyên không đổi thì phải tăng khả năng sinh công mới làm tăng được độ xê dịch của màng, do đó mới có thể mở rộng phạm vi sử dụng của nó như dùng làm cơ cấu tự ghi, cơ cấu điều chỉnh.

4.2. Cơ cấu đàn hồi kiểu hộp đèn xếp

Trong thực tế thường dùng 2 loại là loại có lò xo phản tác dụng và loại không có lò xo phản tác dụng. Loại có lò xo phản tác dụng thì hộp đèn xếp gần như chỉ làm nhiệm vụ cách ly. Đặc tính của hộp màng đèn xếp khi bị nén không giống như bị kéo, khi bị nén thì khu vực đường thẳng tương đối rộng hơn vì vậy nên loại hộp màng chịu nén được dùng nhiều hơn.

Muốn tăng khả năng sinh công thì có thể tăng diện tích tác dụng của áp suất hoặc là tăng số nếp xếp. Hộp màng đèn xếp dùng đo chân không và các áp suất không lớn.

4.3. Cơ cấu đàn hồi kiểu ống Buốc - đông

Ống Buốc - đông là một ống rỗng, tiết diện hình bầu dục hoặc hình tròn dẹt, uốn thành hình cung tròn, trục dài hình bầu dục song song với trục kim đi qua tâm của cung tròn, đầu tự do của ống được bịt kín còn đầu cố định thì thông với môi trường cần đo. Khi đo áp suất, áp suất trong ống lớn hơn bên ngoài, vách ống phía trục ngắn bị đẩy ra làm ống hơi duỗi thẳng ra một chút, đầu tự do chuyển dịch ra phía ngoài. Nếu đo chân không, áp suất trong ống nhỏ hơn ngoài ống thì hiện tượng diễn ra sẽ ngược lại. Độ xê dịch của đầu tự do tỷ lệ với áp suất cần đo song độ dài của ống vẫn giữ không đổi. Đầu ống tự do xê dịch nên góc tâm và bán kính của cung tròn sẽ thay đổi. Độ biến đổi của góc tâm $\Delta\gamma$ có quan hệ với rất nhiều nhân tố như áp suất cần đo P, góc tâm ban đầu γ, tính chất vật liệu làm ống (môđun đàn hồi E, hệ số Poát - xông μ), bề dày vách ống h, hình dạng và kích thước tiết diện ống (trục ngắn 2b), bán kính cung tròn của đường tâm ống R. Thực nghiệm còn cho biết là khi các điều kiện khác đều như nhau thì $\Delta\gamma$ tỷ lệ với γ nên muốn tăng cao

Loại	Tên gọi	Sơ đồ cấu tạo	Khoảng đo (KG/cm²) min	Khoảng đo (KG/cm²) max	Đặc tính của lượng đầu ra	Đặc tính động: Hằng số thời gian (sec)	Đặc tính động: Tần số tự dao động (hz)
Kiểu màng mỏng	Màng mỏng phẳng	x; P_x	$0 \sim 10^{-1}$	$0 \sim 10^{3}$	F (lực); x (độ dịch); P_x	$10^{-5} \sim 10^{-2}$	$10 \sim 10^{4}$
	Màng nếp sóng	x; P_x	$0 \sim 10^{-5}$	$0 \sim 1$	F; x; P_x	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	$10 \sim 100$
	Màng rỗng	P_x; x	$0 \sim 10^{-3}$	$0 \sim 10$	F_1; x; P_x	$10^{-2} \sim 1$	$1 \sim 100$
Kiểu hộp đàn xếp	Hộp đàn xếp	x; P_x	$0 \sim 10^{-5}$	$0 \sim 10$	x; P_x	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	$10 \sim 100$
Kiểu ống đàn hồi	Ống đàn hồi 1 vòng	P_x; x	$0 \sim 10^{-3}$	$0 \sim 10^{6}$	x; P_x		$10^{2} \sim 10^{3}$
	Ống đàn hồi nhiều vòng		$0 \sim 10^{-7}$	$0 \sim 10^{3}$	x; P_x		$10 \sim 100$

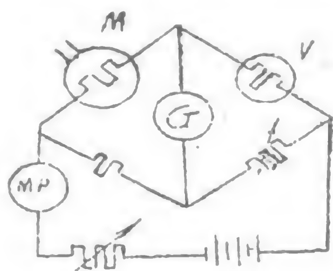
Bảng 5.3: Tính chất các phần tử đàn hồi

5. Áp kế kiểu điện

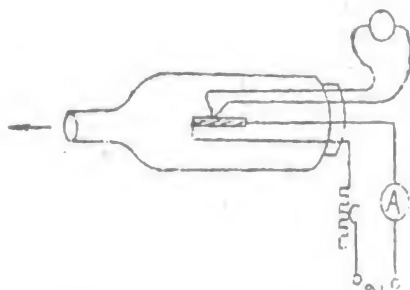
Trong phạm vi chân không cao và áp suất siêu cao, hiện nay người ta đều dùng phương pháp kiểu điện để tiến hành đo lường. Các dụng cụ đo kiểu điện cho phép đạt tới những hạn đo cao hơn, kết cấu của dụng cụ ít phức tạp hơn và có thể đo được áp suất biến đổi rất nhanh.

Chân không kế kiểu dẫn nhiệt

Hệ số dẫn nhiệt của chất khí ở áp suất thường thì không có quan hệ với áp suất, song trong các chất khí rất loãng (áp suất tuyệt đối rất nhỏ) người ta thấy tồn tại quan hệ trên. Khi áp suất chất khí trong buồng kín giảm thấp, độ dài quãng đường đi tự do của phân tử tăng lên, khi độ dài trung bình của quãng đường tự do tăng tới mức có thể so sánh với khoảng cách từ dây dẫn đặt giữa buồng tới vách buồng khí thì hệ số dẫn nhiệt của chất khí bắt đầu có quan hệ với độ chân không. Nhiệt độ dây dẫn khi đã cân bằng nhiệt sẽ thay đổi tuỳ theo hệ số dẫn nhiệt của khí, dùng cầu điện không cân bằng xác định điện trở dây dẫn ta sẽ biết được độ chân không tương ứng trong buồng khí. Biến đổi điện trở dây dẫn tương đối lớn nên dụng cụ đo thường không cần dùng thêm khuyếch đại điện áp. Trên nhánh cầu điện tương ứng với nhánh cầu điện có ống đo chân không M, người ta đặt 1 bóng đèn V có chân không cao và cấu tạo giống như M' để bù ảnh hưởng do biến đổi nhiệt độ xung quanh.



Hình 5.12: Sơ đồ nối dây của chân không kế nhiệt điện trở



Hình 5.13: Chân không kế nhiệt điện trở

Chân không kế dùng nhiệt điện trở nên còn có tên là chân không kế nhiệt điện trở. Điện trở dùng trong ống đo chân không M có thể là tecmisto (chất bán dẫn) để tăng độ lệch của cái chỉ thị trên điện kế, chân không kế Pirani thì dùng dây Pt làm phần tử nhạy cảm.

Cũng có thể đo độ chân không bằng cách dùng cặp nhiệt trực tiếp đo nhiệt độ điểm giữa dây dẫn khi dòng điện qua dây dẫn được giữ một trị số không đổi, ví dụ chân không kế BT2 của Liên- Xô thường là loại được dùng phổ biến nhất. *(Hình 5.13)*

IV. ĐO LƯU LƯỢNG MÔI CHẤT

Trong các quá trình nhiệt thường đòi hỏi phải luôn luôn theo dõi lưu lượng chất lỏng. Đối với thiết bị truyền nhiệt và thiết bị vận chuyển môi chất thì lưu lượng môi chất trực tiếp đặc trưng cho năng lực làm việc của thiết bị.

1. Định nghĩa và đơn vị đo

+ Lưu lượng là lượng vật chất (hoặc năng lượng) được vận chuyển đi trong một đơn vị thời gian; như vậy, nghĩa là nếu trong khoảng thời gian $\Delta\tau$, lượng vật chất được chuyển đi tính theo trọng lượng là ΔG (hoặc là ΔQ khi tính theo thể tích) thì tính bình quân ta được $G = \frac{\Delta G}{\Delta \tau}$ (hoặc $Q = \frac{\Delta Q}{\Delta \tau}$), G là lưu lượng trọng lượng còn Q là lưu lượng thể tích. Đồng hồ đo lưu lượng gọi là lưu lượng kế. Các trị số G, Q tính trên chỉ là trị số trung bình của lưu lượng trong khoảng thời gian $\Delta\tau$, muốn có trị số lưu lượng tức thời tại một thời điểm nào đó thì tại thời điểm đó ta phải xét với khoảng thời gian rất nhỏ, do đó:

$G_t = \frac{dG}{d}$; hoặc $Q_t = \frac{dQ}{d}$. Trong khoảng $\Delta\tau$, nếu lưu lượng tức thời G_t hoặc Q_t tại bất kỳ thời điểm nào cũng như nhau thì G hoặc Q cũng đúng bằng G_t hoặc Q_t.

+ Đơn vị đo lưu lượng là đơn vị dẫn xuất, thông thường hay dùng Kg/sec, Kg/giờ, Kg/phút, Tấn/giờ, l/sec, m^3/giờ...

Gọi trọng lượng riêng của môi chất cần đo là γ thì có $G = \gamma Q$.

Vì γ phụ thuộc vào các tham số trạng thái của môi chất cần đo lưu lượng, do đó khi nói tới Q thì phải xác định rõ các tham số trạng thái của γ tương ứng.

Khi đo lưu lượng khí người ta thường dùng lưu lượng thể tích tiêu chuẩn Q_{tc}, đơn vị đo thể tích tính ở điều kiện tiêu chuẩn là m^3, tiêu chuẩn/giờ (m^3_{tc} /giờ), lít tiêu chuẩn/giờ (1 t.c/giờ)... Từ đó ta được: $G = \gamma_{tc} Q_{tc}$

γ_{tc} là γ ở điều kiện tiêu chuẩn.

Biết quan hệ giữa thể tích của một khối lượng khí nhất định ở điều kiện làm việc và điều kiện tiêu chuẩn là:

$$V_{tc} = \frac{VP.T_{tc}}{\varepsilon P_{tc}.T}$$

V. P là thể tích và áp suất chất khí ở điều kiện làm việc.

$V_{tc}.P_{tiêu\ chuẩn}$ là thể tích và áp suất chất khí ở điều kiện tiêu chuẩn.

T (T_{tc}) là nhiệt độ tuyệt đối của chất khí ở điều kiện làm việc (-tiêu chuẩn).

ε là hệ số nén của chất khí.

Tương tự như trên:

$$Q_{tc} = \frac{Q.P.T_{tc}}{\varepsilon.P_{tc}.T}$$

Trạng thái tiêu chuẩn theo các tài liệu khác nhau nhiều khi không thống nhất, trong tính toán lưu lượng người ta thường dùng là 20^0C và 760 mm cột Hg.

Lượng vật chất (hoặc năng lượng) được vận chuyển đi trong khoảng thời gian từ T_1 đến T_2 được gọi là lưu lượng tích phân G_{tp}, G_{tp} hoặc tổng lượng:

$$G_{tp} = \int_{t1}^{t2} G_t dT; \quad Q_{tp} = \int_{t1}^{t2} Q_t.d_t$$

Đơn vị đo lưu lượng tích phân là đơn vị đo trọng lượng, đơn vị đo thể tích như gam, kg, tấn, lít, m^3... Đồng hồ đo lưu lượng tích phân gọi là đồng hồ tích phân lưu lượng hoặc lưu lượng kế.

2. Khi dòng chảy có tiết diện P đã định, lưu lượng và lưu tốc của nó là tỷ lệ thuận với nhau. Gọi ω_{tb} là lưu tốc trung bình của dòng chảy thì ta có: $Q = \omega_{tb}F$ do đó $G = \gamma\omega_{tb}F$.

Những năm gần đây người ta đã nghiên cứu được một số phương pháp đo lưu lượng cho phép chế tạo đồng hồ đo kiểu thông dụng, số chỉ lưu lượng hoặc lưu tốc của đồng hồ không phụ thuộc vào tham số và loại môi chất cần đo, những đồng hồ này còn rất ít gặp trong công nghiệp.

2. Phân loại

Có nhiều phương pháp đo lưu lượng, các phương pháp đó phụ thuộc rất nhiều vào đối tượng cần đo. Đo lưu lượng của môi chất trong máng dẫn hở khác với cách đo lưu lượng ống dòng (ống dẫn chứa đầy môi chất); đo lưu lượng dòng chảy có tốc độ siêu âm, có tốc độ rất nhỏ cũng khác hẳn nhau, một số vấn đề đo lưu lượng cho đến nay vẫn chưa tìm được cách đo hợp lý, ví dụ: đo lưu lượng dòng 2 pha, dòng nhiều pha.

Ở đây ta chỉ xét các phương pháp đo lưu lượng trong công nghiệp thường dùng và chỉ giới thiệu một số lưu lượng kế thường hay dùng, đồng thời do đặc điểm của quá trình nhiệt nên chỉ xét các phương pháp đó trong các điều kiện sau:

1. Ống dòng của đường ống chứa đầy chất lỏng

2. Chất lỏng tồn tại ở 1 pha nhất định và không có biến đổi trong một khoảng cách nhất định ở trước và sau nơi đo.

3. Chất lỏng là đồng nhất,.không có tạp chất có thể tách riêng bằng phương pháp cơ giới như lắng lọc, phân ly, ly tâm...

4. Lưu tốc nhỏ hơn âm tốc

Tuỳ theo nguyên lý đo lưu lượng, có thể chia loại lưu lượng kế và lượng kế như sau:

+ Loại giáng áp biến đổi - đo lưu lượng môi chất theo biến đổi giáng áp của dòng chảy khi qua thiết bị tiết lưu (quy đổi hoặc ngoài quy chuẩn). Nếu dùng thiết bị chế tạo theo quy chuẩn thì phạm vi sử dụng sẽ bị hạn chế bởi độ nhớt của môi chất và đường kính ống dẫn. Loại này được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp.

+ Loại giáng áp không đổi - đo lưu lượng theo biến đổi tiết diện dòng chảy ở chỗ bị thắt hẹp mà giáng áp của dòng chảy ở chỗ đó không đổi.

+ Loại khí động - đo lưu lượng theo tốc độ dòng chảy tại 1 hoặc vài điểm trên tiết diện đường ống dẫn hoặc máng dẫn. Loại này thường dùng đo các chất khí.

+ Loại điện từ hoặc cảm ứng - đo lưu lượng theo sức điện động cảm ứng của dòng môi chất có tính dẫn điện khi đi qua từ trường.

+ Loại siêu âm - đo lưu lượng theo thời gian dao động âm trong dòng chảy.

+ Loại có rôto - đo lưu lượng theo tốc độ quay của rôto, đĩa hoặc tấm cánh mỏng đặt trong dòng chảy.

+ Ngoài ra đôi khi còn dùng các lưu lượng kế kiểu nhiệt lượng kế, kiểu phóng tốc kế nhiệt, kiểu ion, kiểu chất đồng vị phóng xạ...

Bất kỳ một loại lưu lượng kế nào cũng đều có những hạn chế nhất định, phần lớn thường bị hạn chế bởi nhiệt độ, áp suất môi chất cần đo, bởi đường kính ống dẫn môi chất và không được dùng đo lưu lượng hơi.

3. Đo lưu lượng bằng phương pháp tốc độ

1. Nếu đo được tốc độ trung bình ω_{tb} của dòng chảy thì lưu lượng dòng chảy sẽ là: $Q = \omega_{tb}.F$ hoặc $G = \omega_{tb}.F.\gamma$.

F là tiết diện dòng chảy

γ là trọng lượng riêng của môi chất

Q là lưu lượng thể tích và G là lưu lượng trọng lượng

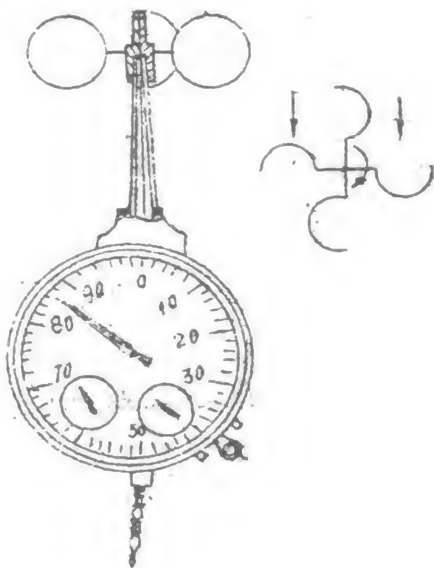
Trong phương pháp đo này người ta thường dùng các loại đồng hồ đo tốc độ dòng chảy, lưu lượng kế tốc độ kiểu đếm số, ống đo áp suất động. Ưu

điểm của phương pháp này là có phạm vi đo tương đối rộng và kết cấu tương đối đơn giản.

* *Đồng hồ đo tốc độ dòng chảy*

Các loại đồng hồ đo trực tiếp tốc độ dòng chảy thường được dùng khá phổ biến nhất là khi tốc độ dòng chảy tương đối nhỏ, khi đó dùng ống đo áp suất động để xác định tốc độ dòng chảy không đảm bảo được độ chính xác cần thiết.

Đồng hồ đo tốc độ dòng khí còn có tên là anêmômet hoặc đồng hồ đo tốc độ gió, cấu tạo của nó rất đơn giản và thích hợp với công việc đo các dòng khí có áp suất dư không lớn. Tốc độ dòng chảy (lưu tốc) đo được là lưu tốc tại chỗ đặt đồng hồ, thay đổi vị trí đồng hồ trên tiết diện đường ống thì sẽ biết được trường tốc độ trong ống và sẽ tìm được lưu tốc trung bình của dòng khí để tính ra lưu lượng. Đồng hồ này thường dùng để xác định khả năng làm việc của quạt gió trong công nghiệp, đặc biệt là các thiết bị thông gió, nó cũng được dùng phổ biến trong đo lường của ngành khí tượng. Cấu tạo của đồng hồ gồm bộ phận nhạy cảm là một chong chóng rất nhẹ với các cánh hướng theo bán kính làm bằng nhôm hoặc mica. Có nhiều loại cánh hướng hình dạng khác nhau. Dòng khí làm chong chóng quay, tốc độ vòng n của chong chóng tỷ lệ với tốc độ dòng khí ω: $n = C\omega$



Hình 5.14: Đồng hồ đo tốc độ gió (Anêmômet)

C là hằng số tỷ lệ, xác định bằng thực nghiệm; chong chóng gắn trên trục nên sẽ làm thiết bị chỉ thị cho số vòng quay N mà chong chóng đã quay giữa hai thời điểm T_1 và T_2. Biết N và có $\Delta T = T_2 - T_1$ nên biết $n = N : \Delta T$ do đó suy ra ω (vì đã cho biết hằng số C) ·

Đồng hồ có chong chóng hình cánh phẳng hoặc hình cánh gáo đều có thể dùng đo lưu tốc khí trong khoảng 15-20 m/sec. Loại cánh phẳng có trục nằm ngang, cách đặt nghiêng 45^0 so với mặt phẳng trực giao với trục chong chóng. Khi đo lưu tốc phải đặt đồng hồ sao cho trục chong chóng song song với phương dòng chảy. Vì cánh đặt nghiêng 45^0, nếu coi như không có ma sát thì tốc độ vòng của trọng tâm lá cánh bằng tốc độ dòng khí ω.

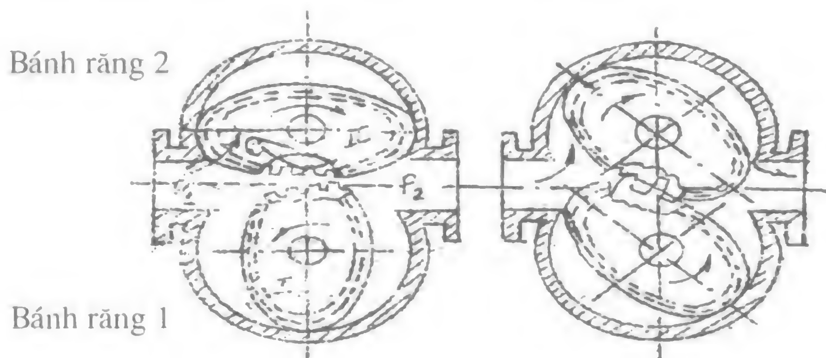
+ Loại cánh hình gáo thường dùng 4 nửa mặt cầu đặt trên giá đỡ hình chữ thập trong cùng một mặt phẳng nằm ngang, chong chóng sẽ làm trục quay và cơ cấu đếm số làm việc. Cơ cấu đếm số gồm 5 thước chia độ, thước chia độ ứng với kim dài gồm 100 độ chia, mỗi độ chia ứng với 1 vòng quay của chong chóng; hai thước còn lại có kim chỉ ngắn và gồm độ chia, độ chia của một thước là 100 vòng quay của chong chóng, độ chia của thước còn lại ứng với 1000 vòng. Trên đồng hồ còn có 1 cái hãm có tác dụng nối tiếp cho cơ cấu đếm số làm việc hoặc ngắt không cho làm việc, một vòng nhỏ để luồn dây buộc với cái hãm dùng điều khiển đồng hồ từ xa bằng cách kéo dây, vít để giữ đồng hồ cố định trên que gỗ. Khi đo lưu tốc thì phải đặt chong chóng trong dòng chảy sao cho phương của dòng chảy song song với mặt phẳng của giá đỡ hình chữ thập. Cánh chong chóng có mặt lõm và mặt lồi. Momen quay do gió tạo nên trên mặt lõm lớn hơn nên chong chóng sẽ quay theo chiều kim đồng hồ và không có quan hệ gì đối với phương hướng của dòng khí.

4. Đo lưu lượng theo phương pháp dung tích

Lưu lượng kế dùng cách đong môi chất có cấu tạo phức tạp, đắt tiền hơn lưu lượng kế tốc độ nhưng làm việc không đảm bảo bằng. Trong công nghiệp thường dùng các loại lưu lượng kế dùng pittong, dùng đĩa tròn, kiểu bánh răng. Nguyên lý làm việc của chúng là cho môi chất vào đầy buồng đong có dung tích đã biết, đồng thời tác động lên pittong, đĩa hoặc các bộ phận có nhiệm vụ tương tự khác tạo nên một chuyển động có tính chất chu kỳ, môi chất trong buồng đong sẽ thoát đi để buồng đong tiếp nhận lớp môi chất mới tới. Dùng máy đếm số chu kỳ chuyển động trong khoảng thời gian Δt, đó cũng là số lần môi chất qua buồng đong của lưu lượng kế và chuyển đi trong thời gian Δt, nên xác định được lưu lượng thể tích của dòng chảy.

Lưu lượng kế kiểu dung tích có lưu lượng cho phép bằng 10 - 20%, lưu lượng đặc tính từ ± 0,5% đến ± 2% tuỳ theo kết cấu của mỗi loại.

4.1. Lưu lượng kế có bánh răng hình trái xoan



Hình 5.15: Lưu lượng kế có bánh răng hình trái xoan

Lưu lượng kế này là một trong các loại lưu lượng kế dung tích chính, nó ít được dùng đo nước mà thường dùng đo các chất lỏng như dầu mỏ, sản phẩm của dầu mỏ...

Chất lỏng có áp suất P_1 sau khi qua lưu lượng kế sẽ có áp suất P_2, vậy độ chênh lệch áp suất của dòng chảy khi qua lưu lượng kế là $\Delta P = P_1 - P_2$. Phân tích lực tác dụng lên 2 bánh răng ta thấy:

- Ở vị trí như bánh răng 1 thì các lực cân bằng nhau nên không tạo được các momen quay để làm bánh răng 2 chuyển động.

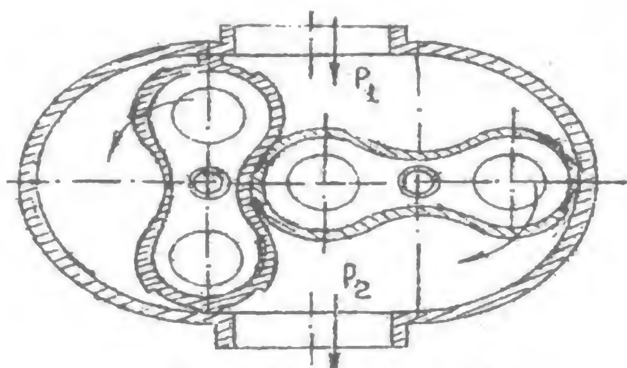
- Ở vị trí như bánh răng 2 thì momen quay do P_1 tạo nên lớn hơn momen quay do P_2 tạo nên, bánh răng 2 sẽ quay theo chiều tác dụng của P_1 và kéo bánh răng 1 quay theo. Lúc này bánh răng 2 là bánh chủ động còn bánh răng 1 là bánh bị động.

Nhiệm vụ chủ động và bị động của 2 bánh răng trên lần lượt diễn ra liên tiếp nhau. Buồng đong chất lỏng rồi chuyển đi chính là do vỏ lưu lượng kế và bánh răng sẽ chuyển đi được một lượng chất lỏng bằng 4 lần dung tích buồng đong đó.

Lưu lượng kế này có nhiều ưu điểm: Mất mát áp suất của dòng chảy khi qua lưu lượng khí quá nhỏ; cho phép đo được các chất có độ nhớt rất lớn, thậm chí có thể đặc gần như hồ; sai số đo tương đối nhỏ (có thể tới ± 0,3 ~ 1,5%); có thể chế tạo để đo rất nhạy và đo được các lưu lượng lớn mà cấu tạo về thể tích và trọng lượng lại nhỏ hơn tất cả các loại lưu lượng kế khác. Khuyết điểm chủ yếu của nó là khó chế tạo nên giá thành đắt.

4.2. Lưu lượng kế khí

Nguyên lý làm việc của lưu lượng kế khí cũng giống như lưu lượng kế dùng bánh răng hình trái xoan. Trong công nghiệp thường dùng loại có lưu lượng định mức là $6m^3$/giờ, nếu cần đo các lưu lượng lớn hơn thì người ta chia dòng khí thành nhiều nhánh có lưu lượng không quá $6m^3$/giờ và dùng lưu lượng kế trên để đo lưu lượng các nhánh. Lưu lượng kế có $6m^3$ kích thước không phải là lớn nhưng hiệu quả rất cao.



Hình 5.16: Lưu lượng kế khí

Cấu tạo của lưu lượng kế như hình vẽ 5.16, các bánh răng quay có dạng số 8 không ăn khớp với nhau bằng răng mà tiếp xúc với nhau theo mặt trụ ở bên cạnh. Cứ mỗi vòng quay của rôto thì lượng khí được chuyển đi bằng 4 lần dung tích buồng đong Đ. Ở lưu lượng định mức thì tốc độ của rôto có thể tới 1000 vòng/phút hoặc lớn hơn. Vì vậy lượng khí lọt qua các khe giữa rô to và đầu rôto có thể bỏ qua không tính.

5. Đo lưu lượng theo phương pháp tiết lưu

Thiết bị tiết lưu là những vật đặt trong đường ống làm dòng chảy có hiện tượng thu hẹp cục bộ vì tác dụng của lực quán tính và lực ly tâm. Kết quả của sự thu hẹp dòng chảy làm tăng lưu tốc ở tiết diện dòng chảy bị thu hẹp, sự tăng động năng đó kèm theo sự giảm thế năng nên áp suất tĩnh ở tiết diện đó giảm đi, hai phía trước và sau vật chắn tiết lưu có một độ chênh áp suất phụ thuộc lưu lượng.

5.1. Vòng chắn tiết lưu

Là một tấm mỏng giữa có lỗ tròn cùng tâm với tâm đường ống. Dòng chảy qua vòng chắn tiết lưu bị thu nhỏ dần dần mãi đến một đoạn ở sau mới

đạt tới tiết diện nhỏ nhất, tiếp đó lại dần dần loe rộng đến khi bằng tiết diện đường ống. Tình trạng phân bố áp suất của dòng chảy như hình vẽ 5.17a. Đường nét liền biểu thị phân bố áp suất trên vách ống, đường nét đứt - trên đường tâm ống.

+ Mất mát áp suất dòng chảy chắn tiết lưu khá lớn vì cửa ra của vòng chắn tiết lưu đột nhiên tăng lớn nên tiết diện hữu hiệu của dòng chảy ở sau cửa ra đột nhiên mở rộng, tạo ra những miền chậm trễ có dòng quẩn làm tiêu hao một bộ phận năng lượng rất lớn. Mất mát áp suất đó cũng phụ thuộc một phần vào phương dòng chảy ở phía sau vòng chắn tiết lưu.

5.2. Ống phun

Là thiết bị tiết lưu có cửa vào thu hẹp dần và cửa ra là một hình trụ tròn. Vì vậy miền dòng quẩn ở trước ống phun rất nhỏ, dòng chảy được thu hẹp hoàn toàn đầy đủ đúng với kích thước ống phun, tiết diện nhỏ nhất của dòng chảy bằng tiết diện ống hình trụ của ống phun, tổn thất áp suất và năng lượng giảm đi rất nhiều so với vòng chắn tiết lưu nhưng áp suất thu được cũng nhỏ hơn. *(Hình 5.17b)*

5.3. Ống Venturi gồm 2 loại

Một loại có cấu tạo giống như ống phun nhưng phần cửa ra tiếp sau phần ống hình trụ thì loe rộng dần cho tới bằng đường kính ống dẫn hoặc trong ống Venturi rút ngắn thì nhỏ hơn đường kính ống dẫn. *(Hình 5.17c)*

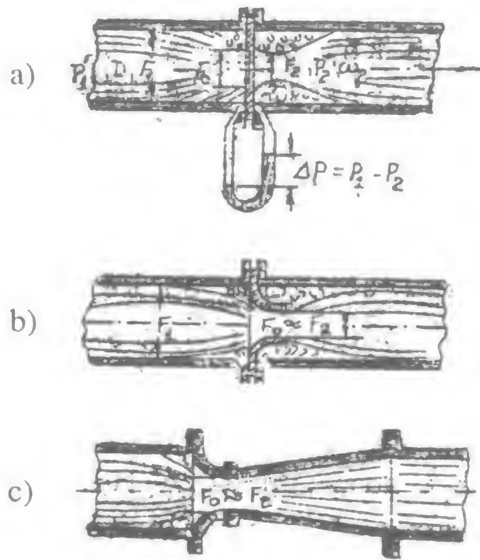
Nguyên lý đo lưu lượng bằng thiết bị tiết lưu: Dòng chảy khi qua thiết bị tiết lưu đã bị thu hẹp lại tại các tiết diện bị thu hẹp đó, dòng chảy có tốc độ lớn hơn nhưng áp suất lại nhỏ hơn so với không có thiết bị tiết lưu. Sự chuyển hoá giữa thế năng và động năng của dòng chảy khi qua cửa tiết lưu tuân theo luật bảo toàn năng lượng nên ta có:

$$\int \omega . d\omega = - g \int dp/\gamma$$

Ở đây P là áp suất, ω là tốc độ dòng chảy, γ là trọng lượng riêng của môi chất, g là gia tốc, F là tiết diện dòng chảy.

Mặt khác định luật bảo toàn khối lượng dòng chảy cho biết:

$$\gamma \, \omega F = const$$



Hình 5.17: a. Tấm chắn tiết lưu
b. Ống phun
c. Ống Venturi

6. Lưu lượng kế kiểu hiệu áp kế

Hệ thống đo lưu lượng theo giáng áp qua cửa tiết lưu gồm thiết bị tiết lưu, đường ống dẫn áp suất, hiệu áp kế và đồng hồ thứ cấp chia độ theo đơn vị lưu lượng. Khi hiệu áp kế không có thước chia độ thì tín hiệu từ hiệu áp kế được dẫn về đồng hồ thứ cấp, nhờ hệ thống truyền. Hiệu áp kế có thể có thước chia độ và kèm theo các bộ phận tự ghi, tích phân, cho tín hiệu báo hiệu hoặc điều chỉnh...

** Hiệu áp kế cột chất lỏng dùng lưu động:*

Các áp kế ống chữ U, một ống đã giới thiệu trong phần áp kế đều là hiệu áp kế dùng lưu động. Ở đây chỉ giới thiệu đặc điểm của hiệu áp kế hình chữ U dùng trong công nghiệp làm việc với áp suất và nhiệt độ cao, ví dụ hiệu áp kế ДТ-50, ДТ-150 của Liên Xô.

Công thức tính toán cơ bản của hiệu áp kế chữ U là:

$h = (p_1 - P_2) / (\gamma_h - \gamma'_0)$

h [m hoặc mm] là độ chênh cột chất lỏng.

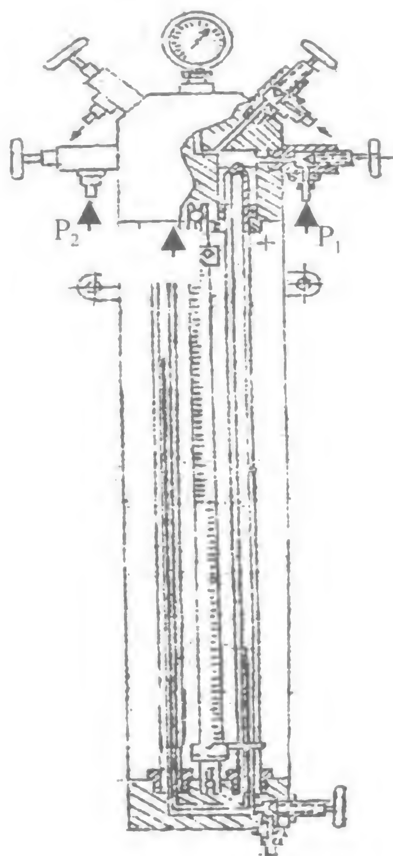
γ_h' γ'_0 : là trọng lượng riêng của chất lỏng dùng trong hiệu áp kế và chất lỏng ở phía trên [Kg/m^3 hoặc Kg/cm^3].

$\Delta P = P_1 - P_2$ là hiệu áp cần đo [Kg/cm^2].

Hình thức kết cấu của hiệu áp kế tuỳ thuộc vào hạn trên của áp suất tĩnh P_1, hiệu áp kế trung áp (tới 50 KG/cm^2) và cao áp (200 ~250 KG/cm^2) được dùng rộng rãi.

Khi đo lưu lượng nước hoặc hơi nước, cần rót nước vào trong hiệu áp kế trước và rót thuỷ ngân vào sau.

Theo hình vẽ 5.18, nhờ các đầu ống nối với ống dẫn P_1 và P_2 nên nhánh bên phải của hiệu áp kế sẽ có P_1 tác động, nhánh bên trái có P_2. Áp suất P_1 được đo bởi áp kế đặt trên đỉnh của hiệu áp kế.



Hình 5.18 Hiệu áp kế

Hiệu áp kế còn có 2 van kim đặt ở phía trên để thổi rửa ống dẫn nối, 2 van kim nằm ngang dùng cách ly hiệu áp kế với ống dẫn p_1 p_2, và một van kim đặt ở dưới cùng dùng đóng mở đường nạp hoặc xạ thuỷ ngân.

Thước chia độ đặt thẳng đứng giữa 2 nhánh của hiệu áp kế và có thể xê dịch lên xuống để điều chỉnh điểm không của hiệu áp kế. Trên thước chia độ có 2 con trượt dùng xác định mức cao của mặt Hg trong 2 nhánh.

Theo phương pháp đo lưu lượng bằng thiết bị tiết lưu, người ta dùng thiết bị tiết lưu có tiết diện F_0= const và giáng áp Δp biến đổi theo lưu lượng Q (hoặc G). Từ đó, người ta có thể suy ra cách đo lưu lượng khác bằng thiết bị tiết lưu có ΔP = const và F_0 biến đổi theo Q (hoặc G). Đó là nguyên lý đo lưu lượng của lưu lượng kế có tiết diện tiết lưu biến đổi, các lưu lượng kế này đều là dụng cụ đo có tính không thông dụng. Rôtamét và lưu lượng kế pittông chính là lưu lượng kế có giáng áp không đổi và tiết diện của tiết lưu biến đổi.

Rôtamét được dùng rất phổ biến trong công nghiệp cũng như phòng thí nghiệm, nó là một loại lưu lượng kế có nhiều đặc điểm quan trọng như có phạm vi đo khá rộng, mất mát áp suất không lớn, nhất là có thể coi như

không biến đổi theo lưu lượng, có thể đo lưu lượng rất nhỏ, đo lưu lượng chất lỏng, chất khí...

6.1. Nguyên lý đo lưu lượng của rôtamét

Bộ phận chính của rôtamét gồm một ống kính hình nón cụt đặt thẳng đứng bên trong có một phao. Ống hình nón có đầu lớn ở bên trên, đầu nhỏ ở phía dưới. Phao có đường kính nhỏ hơn đường kính trong của ống nên có thể lên xuống tự do khi bị dòng môi chất đẩy theo chiều từ dưới lên; bộ phận hình nón ở phía dưới và phần hình trụ có đường kính lớn hơn ở bên trên (có thể có các rãnh nghiêng) có tác dụng làm cho phao quay quanh mình nó và ổn định tại tâm dòng chảy. Vì phao không tiếp xúc với hình ống nón nên không có trở lực ma sát, do đó nó rất nhạy cảm với biến động nhỏ của lưu lượng.

Khi đo lường, phao bị dòng chảy đẩy lên tới một vị trí nào đó, tại đấy dòng chảy có tiết diện (khe hở giữa phao và hình ống nón) sao cho lực do mất mát áp suất dòng chảy sinh ra và lực tác dụng lên phao cân bằng với trọng lượng của phao ở trong môi trường chất.

Gọi q là trọng lượng của phao khi trọng lượng riêng là γ_p ; q_p là trọng lượng của phao ở trạng thái lơ lửng trong dòng chảy; γ_1 là trọng lượng riêng của môi chất cần đo thì ta có: $q_p = q\ (\gamma_p - \gamma_1)/\gamma_1 = \text{const}$.

Gọi F_p là tiết diện của phao, P_1'và P_2' là áp suất tổng tác dụng lên F_p theo chiều từ dưới lên và từ trên xuống thì tính được hợp lực do dòng chảy sinh ra là:

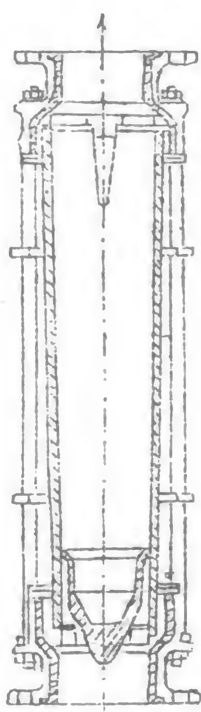
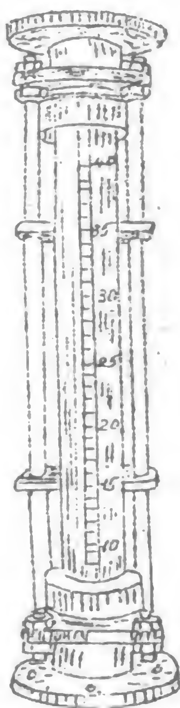
$$P_h = (P_1' - P_2')\ F_p$$

Khi phao đã tới vị trí cân bằng thì $P_h = q_p$ nên $P_h = \text{const}$. Trong lúc làm việc, phao có $F_p = \text{const}$ do đó $(P_1' - P_2') = \text{const}$.

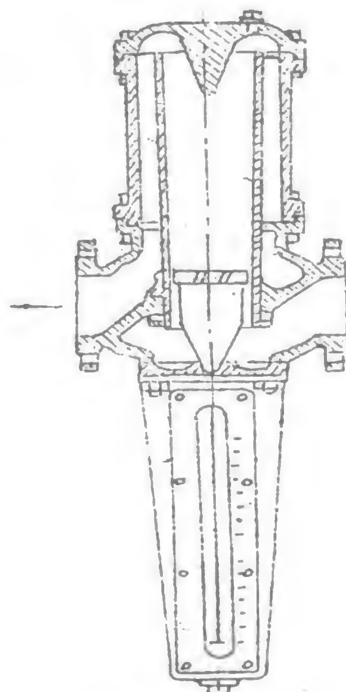
Chính vì hiệu áp tĩnh ở trước và sau phao (tức $P_1' - P_2'$) là hằng số nên rôtamét còn có tên là lưu lượng kế có giáng áp cố định.

6.2. Các loại rôtamét

Rôtamét được chế tạo để làm lưu lượng kế chỉ thị, lưu lượng kế có hệ thống truyền xa kiểu điện (dùng với 1 hoặc 2 đồng hồ thứ cấp). Nhờ các mặt bích nối thích hợp nên có loại rôtamét dùng lắp trên đường ống thẳng đứng, có loại dùng lắp trên đường ống nằm ngang (hình 5.19).

Hình 5.19: Rotamet ống thuỷ tinh

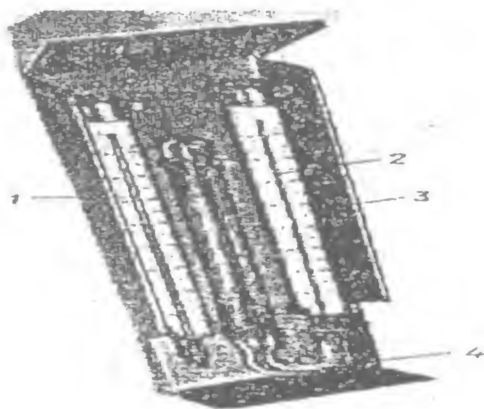


Hình 5.20: Rotamet ống kim loại

V. DỤNG CỤ ĐO ĐỘ ẨM

1. Ẩm kế khô ướt

Một phương pháp đo độ ẩm của không khí được sử dụng phổ biến nhất trong kĩ thuật thông gió và điều tiết không khí là phương pháp ẩm kế khô ướt. Phương pháp này dựa trên cơ sở đo nhiệt độ bằng hai nhiệt kế: nhiệt kế "khô" (nhiệt kế bình thường) và nhiệt kế "ướt" có bầu nhiệt được bọc vải bông mỏng nhúng vào nước cất. Nhiệt kế ướt sẽ ở trạng thái cân bằng nhiệt độ với môi trường không khí xung quanh. Do sự bốc hơi ẩm từ bề mặt của bầu nhiệt của nhiệt kế ướt mà nhiệt độ không khí ở lớp biên của nó sẽ giảm hơn trong ống, vì vậy nhiệt kế có số chỉ thấp hơn so với nhiệt kế khô. Hiệu chỉ số của hai nhiệt kế khô và nhiệt kế ướt gọi là hiệu số ẩm độ và đánh giá độ ẩm tương đối của không khí. Sự bốc hơi nước từ bề mặt của bầu nhiệt càng mạnh nếu độ ẩm tương đối của không khí càng thấp và như vậy hiệu chỉ số của hai nhiệt kế khô ướt sẽ phụ thuộc vào giá trị của độ ẩm tương đối

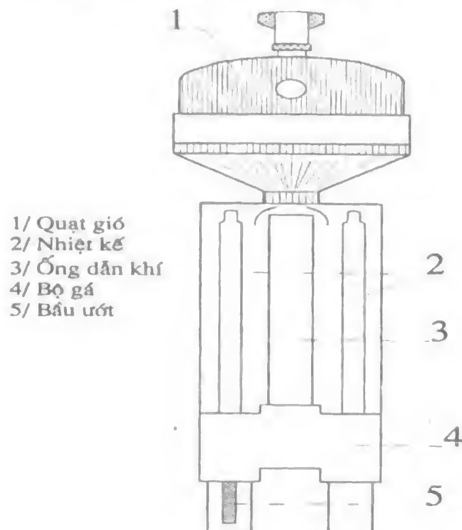


Hình 5.21. Ẩm kế khô ướt

Một loại ẩm kế khô ướt được biểu diễn trên hình 5.21, tuy nhiên chỉ số của ẩm kế còn phụ thuộc vào tốc độ của không khí chuyển động qua nhiệt kế ướt .Và người ta thấy rằng chỉ số của nó ít bị ảnh hưởng của tốc độ không khí trong trường hợp không khí chuyển động với tốc độ trên 2m/s. Tính chất này được sử dụng trong ẩm kế có quạt gió.

2. Ẩm kế quạt gió

ẨM KẾ QUẠT GIÓ



Hình 5.22: Ẩm kế quạt gió

Dùng đo độ ẩm và nhiệt độ của không khí trong điều kiện tĩnh và động.

Thường người ta chế tạo hai loại: quạt được chuyển động cơ khí và chuyển động bằng điện. Giới hạn đo từ 310 ^{0}C đến + 510 ^{0}C, giá trị vạch chia độ 0,2 ^{0}C. Khoảng đo độ ẩm tương đối là 10 - 100% với nhiệt độ từ -10 đến 400 ^{0}C.

Ẩm kế loại này cũng gồm hai nhiệt kế thuỷ ngân giống nhau, đầu ẩm kế có động cơ điện và quạt gió cỡ nhỏ. Khi quạt hoạt động sẽ hút không khí qua ống dẫn không khí (3) có bầu nhiệt của nhiệt kế với tốc độ lớn hơn 2,5m/s. Nhiệt độ không khí được xác định theo nhiệt kế khô, còn độ ẩm tương đối xác định theo chỉ số của cả hai nhiệt kế bằng cách sử dụng những bảng độ ẩm chuyên dùng hoặc đồ thị.

Ngoài ra để đo liên tục độ ẩm của không khí người ta còn sử dụng các ẩm kế tự ghi, ẩm kế điện tử với độ chính xác cao.

VI. ĐO TỐC ĐỘ KHÔNG KHÍ

Để đo tốc độ của dòng không khí hoặc dòng chất lỏng, người ta có thể dùng các phương pháp và dụng cụ đo theo hai cách sau:

- Đo tốc độ thông qua đo áp suất động
- Đo tốc độ vòng quay bằng dụng cụ đo Anemomet

1. Đo áp suất động P_d

Áp suất động P_d của dòng không khí (hoặc dòng chất lỏng) được xác định bằng công thức sau:

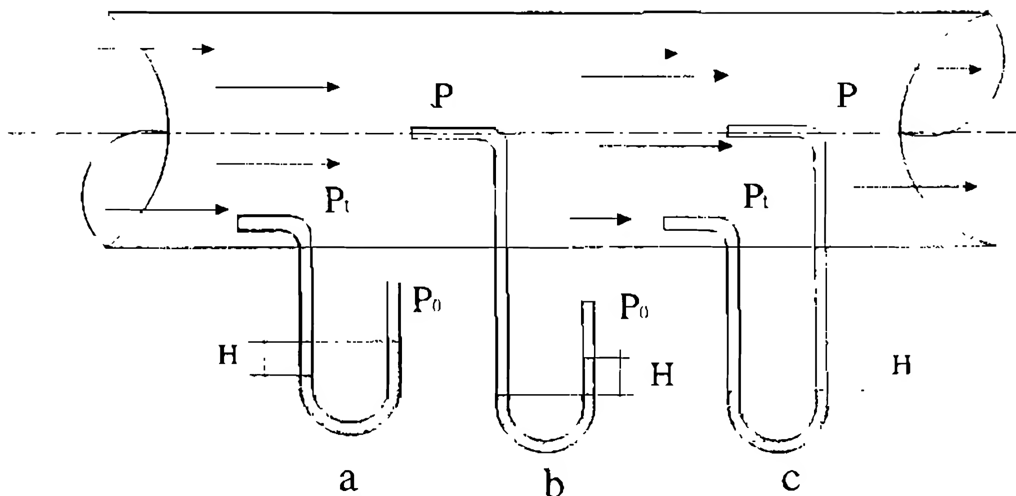
$$Pd = \varsigma \frac{\omega^2}{2}$$

Ở đây P_d (P_a), ς (kg/m^3) là khối lượng riêng, ω(m/s) là tốc độ của dòng không khí (hoặc chất lỏng).

Từ công thức trên ta suy ra tốc độ dòng không khí:

$$\omega = \sqrt{\frac{2P_d}{\varsigma}} \qquad (*)$$

Vậy nếu ta đo được áp suất động từ công thức (*) ta tính được tốc độ. Phương pháp này thường dùng để đo tốc độ của dòng không khí.



Hình 5.23: Dụng cụ đo áp suất

a. Đo áp suất tĩnh P_t

b. Đo áp suất toàn bộ (áp suất tổng). Kí hiệu P

c. Ống pito đo áp suất động $P_d = P - P_t$

Trong đó P_0 là áp suất khí quyển.

Ta không thể đo trực tiếp áp suất động mà thông qua đo áp suất tĩnh P_p, đo áp suất toàn bộ P, từ đó suy ra áp suất động.

Chú ý: Trong công thức (*) ta có quy đổi 1mm H_20 = 9,8 Pa

Khi dùng áp kế chữ U, tốc độ không khí nhỏ nhất đo được ω_{min} =7÷8m/s

Nếu dùng áp kế nghiêng (vi áp kế) ω_{min} = 3-4m/s

2. Đo tốc độ vòng quay

Phương pháp thứ hai để đo tốc độ của dòng không khí là dùng dụng cụ đo Anemomet. Nguyên lý chung là dòng không khí đập vào cánh quạt của Anemomet làm cánh quạt quay và đo số vòng quay, thời gian sẽ suy ra tốc độ của dòng không khí. Hình 5.14: Đồng hồ đo tốc độ gió Anemomét.

VII. MÁY ĐO ĐỘ ỒN

1. Nguyên lý cấu tạo

Máy đo độ ồn có các bộ phận cơ bản như sau *(hình 5.24a)*

- Vỏ máy.

- Đầu nhận tín hiệu (Microphone).

- Đầu cắm Microphone để đo xa.

- Bộ hiển thị.

(Màn hình tinh thể lỏng hoặc mặt số).

- Các nút chức năng:

RANGE - Thang đo

* LOW: Được sử dụng khi đo độ ồn trong khoảng từ 35dB đến 100dB.

* HI: Được sử dụng khi đo độ ồn trong khoảng từ 65dB đến 130dB.

* POWER OFF: Tắt nguồn.

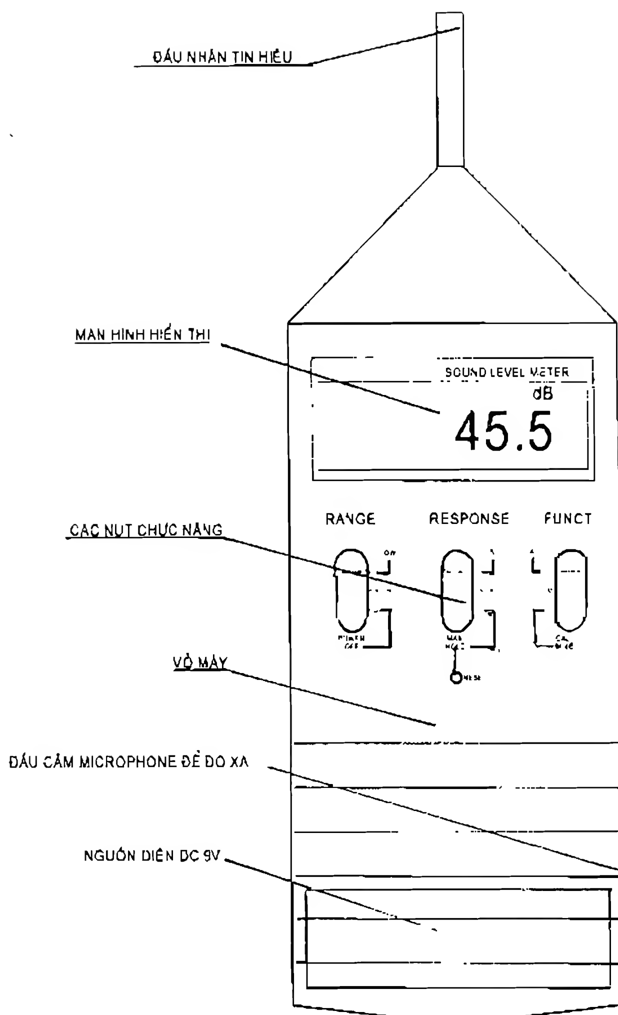
RESPONSE - Đặc tính

* S: Được sử dụng khi đo độ ồn tại vị trí đặt máy.

F: Được sử dụng khi đo độ ồn từ xa.

MAX HOLD: Lưu lại giá trị độ ồn lớn nhất.

RESET: Xoá giá trị độ ồn lớn nhất đang ghi trên máy.



Hình 5.24a: Cấu tạo bên ngoài và các chức năng của thiết bị đo độ ồn

FUNCT - Chức năng

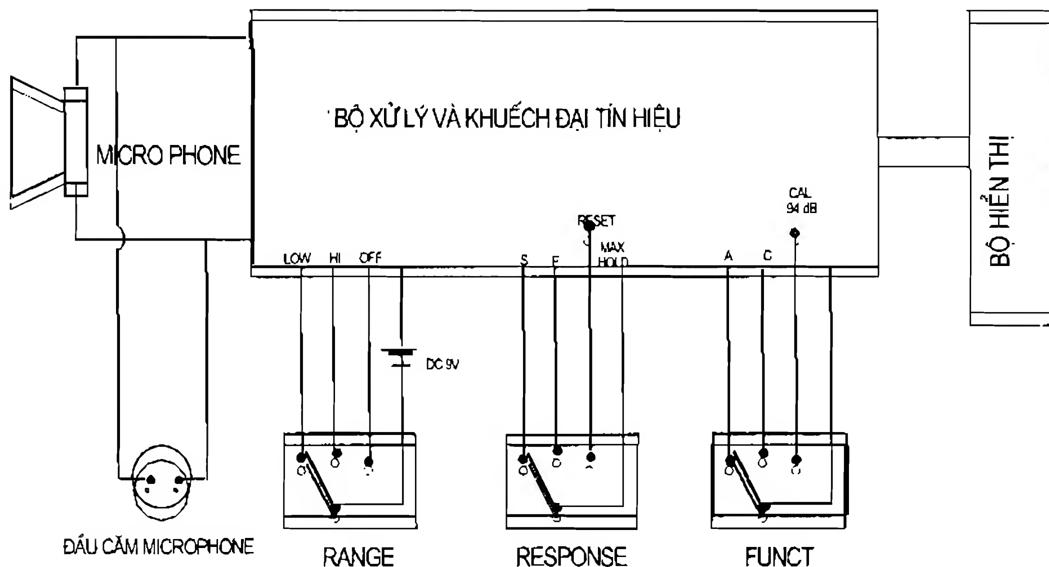
* A: Được sử dụng để xác định độ ồn ở tần số tai người cảm nhận được (từ 65Hz đến 15.000 Hz).

* C: Được sử dụng để xác định độ ồn tổng của âm thanh (bao gồm các âm thanh tai người cảm nhận được và âm thanh không cảm nhận được).

* CAL 94dB: Được sử dụng để hiệu chỉnh chỉ số độ ồn chuẩn của máy bằng 94 dB.

2. Nguyên lý làm việc của thiết bị

Tín hiệu âm thanh truyền qua không gian tới đầu nhận tín hiệu Microphone, tín hiệu tiếng ồn này được Microphone chuyển đổi thành tín hiệu điện xử lý và khuyếch đại tín hiệu. Tại đây tín hiệu được so sánh với các giá trị đã được cài đặt sẵn trong máy do nhà thiết kế, và tuỳ theo vị trí của các chức năng do người sử dụng lựa chọn mà bộ xử lý sẽ quyết định truyền các thông tin nào phù hợp với yêu cầu tới bộ hiển thị. Các giá trị độ ồn sẽ được hiển thị trên màn hình tinh thể lỏng hoặc bảng chia độ.



Hình 5.24b. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị đo độ ồn

3. Sử dụng thiết bị đo độ ồn

- Trước khi sử dụng thiết bị phải kiểm tra nguồn nuôi, các phím chức năng, màn hình, vỏ máy phải còn nguyên vẹn, đầu nhận tín hiệu âm thanh phải được lắp tấm lọc bảo vệ bằng một lớp chống bụi bẩn và dị vật lọt vào màng Microphone làm cản trở âm thanh đi qua.

- Các bước thực hiện

+ Bật nguồn cho máy: chuyển nút RANGE ra khỏi vị trí POWER OFF

+ Hiệu chỉnh máy đo, chuyển nút FUNCT về vị trí CAL94dB và hiệu chỉnh bằng cách xoay vít chỉnh tại vị trí CAL94dB tới khi đồng hồ hiển thị giá trị 94 dB thì quá trình hiệu chỉnh kết thúc và chuyển nút FUNCT về vị trí A hoặc C theo yêu cầu của người sử dụng.

+ Đặt chức năng FUNCT tại A nếu muốn xác định độ ồn của âm thanh ở tần số mà tai người cảm nhận được. Hoặc tại C để đo độ ồn tổng cộng của các âm thanh ở các tần số.

+ Đặt nút chức năng RANGE tại vị trí LOW hoặc HI tuỳ theo mức độ ồn tại nơi cần đo và đặt nút chức năng RESPONSE tại vị trí S (hoặc F) tuỳ theo vị trí cần xác định độ ồn (tại chỗ hoặc ở xa) thì giá trị hiển thị trên màn hình sẽ là giá trị độ ồn tức thời.

+ Muốn lưu lại giá trị độ ồn lớn nhất trong khoảng thời gian đo thì đặt nút chức năng RESPONSE tại vị trí MAX HOLD và dùng nút RESET để xoá giá trị độ ồn lớn nhất đang ghi trên máy.

4. Bảo quản thiết bị đo độ ồn

- Khi không sử dụng thiết bị phải tắt nguồn nuôi bằng chức năng RANGE/POWER OFF. Nếu thời gian không sử dụng thiết bị dài ngày cần tháo pin ra khỏi thiết bị để tránh gây ra hư hỏng.
- Bảo quản thiết bị ở nơi khô ráo, không có bụi bẩn và khí ăn mòn.

PHỤ LỤC. Dung sai lắp ghép bề mặt trơn

Bảng 1. SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC LỖ ĐỐI VỚI KÍCH THƯỚC ĐẾN 500 mm TCVN 2245-99

(theo µm)

Kích thước danh nghĩa, mm		D				E			F				G		
Trên	Đến và bao gồm	8	9	10	11	7	8	9	7	8	9	10	5	6	7
–	3	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+16 +6	+20 +6	+31 +6	+46 +6	+6 +2	+8 +2	+12 +2
3	6	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+22 +10	+28 +10	+40 +10	+58 +10	+9 +4	+12 +4	+16 +4
6	10	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+28 +13	+35 +13	+49 +13	+71 +13	+11 +5	+14 +5	+20 +5
10	18	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+34 +16	+43 +16	+59 +16	+86 +16	+14 +6	+17 +6	+24 +6
18	30	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+41 +20	+53 +20	+72 +20	+104 +20	+16 +7	+20 +7	+28 +7
30	50	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+50 25	+64 +25	+87 +25	+125 +25	+20 +9	+25 +9	+34 +9
50	80	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+60 +30	+76 +30	+104 +30		+23 +10	+29 +10	+40 +10
80	120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+71 +36	+90 +36	+123 +36		+27 +12	+34 +12	+47 +12
120	180	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+395 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+83 +43	+106 +43	+143 +43		+32 +14	+39 +14	+54 +14
180	250	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+96 +50	+122 +50	+165 +50		+35 +15	+44 +15	+61 +15
250	315	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+108 +56	+173 +56	+186 +56		+40 +17	+49 +17	+69 +17
315	400	+299 210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+119 +62	+151 +62	+202 +62		+43 +18	+54 +18	+75 +18
400	500	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+131 +68	+165 +68	+223 +68		+47 +20	+60 +20	+83 +20

Kích thước danh nghĩa, mm		H																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14[1]	15[1]	16[1]	17[1]
Trên	Đến và bao gồm	Sai lệch																
		µm											mm					
-	3[1]	+0,8 0	+1,2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,6 0	+1 0
3	6	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48 0	+0,75 0	+1,2 0
6	10	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0	+0,9 0	+1,5 0
10	18	+1,2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7 0	+1,1 0	+1,8 0
18	30	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0	+1,3 0	+2,1 0
30	50	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2 0	+1,9 0	+3 0
80	120	+2,5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4 0	+2,2 0	+3,5 0
120	180	+3,5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+0,4 0	+0,63 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+4 0
180	250	+4,5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85 0	+2,9 0	+4,6 0
250	315	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,3 0	+2,1 0	+3,2 0	+5,2 0
315	400	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3 0	+3,6 0	+5,7 0
400	500	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+156 0	+250 0	+400 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0

1) IT14 + IT18 không dùng cho các kích thước danh nghĩa nhỏ hơn hoặc bằng 1µm

(Tiếp theo bảng 1)

Kích thước danh nghĩa, mm		J_s						K			M			N			
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	8	9	10	5	6	7	6	7	8	6	7	8	9[1)]
–	3	±2	±3	±5	±7	±12,5	±20	0 –4	0 –6	0 –10	–2 –8	–2 –12	–2 –16	–4 –10	–4 –14	–4 –18	–4 –29
3	6	±2,5	±4	±6	±9	±15	±24	0 –5	+2 –6	+3 –9	–1 –9	0 –12	+2 –16	–5 –13	–4 –16	–2 –20	0 –30
6	10	±3	±4,5	±7,5	±11	±18	±29	+1 –5	+2 –7	+5 –10	–3 –12	0 –15	+1 –21	–7 –16	–4 –19	–3 –25	0 –36
10	18	±4	±5,5	±9	±13,5	±21,5	±35	+2 –6	+2 –9	+6 –12	–4 –15	0 –18	+2 –25	–9 –20	–5 –23	–3 –30	0 –43
18	30	±4,5	±6,5	±10,5	±16,5	±26	±42	+1 –8	+2 –11	+6 –15	–4 –17	0 –21	+4 –29	–11 –24	–7 –28	–3 –36	0 –52
30	50	±5,5	±8	±12,5	±19,5	±31	±50	+2 –9	+3 –13	+7 –18	–4 –20	0 –25	+5 –34	–12 –28	–8 –33	–3 –42	0 –62
50	80	±6,5	±9,5	±15	±23	±37	±60	+3 –10	+4 –15	+9 –21	–5 –24	0 –30	+5 –41	–14 –33	–9 –39	–4 –50	0 –74
80	120	±7,5	±11	±17,5	±27	±43,5	±70	+2 –13	+4 –18	+10 –25	–6 –28	0 –35	+6 –48	–16 –38	–10 –45	–4 –58	0 –87
120	180	±9	±12,5	±20	±31,5	±50	±80	+3 –15	+4 –21	+12 –28	–8 –33	0 –40	+8 –55	–20 –45	–12 –52	–4 –67	0 –100
180	250	±10	±14,5	±23	±36	±57,5	±92,5	+2 –18	+5 –24	+13 –33	–8 –37	0 –46	+9 –63	–22 –51	–14 –60	–5 –77	0 –115
250	315	±11,5	±16	±26	±40,5	±65	±105	+3 –20	+5 –27	+16 –36	–9 –41	0 –52	+9 –72	–25 –57	–14 –66	–5 –86	0 –130
315	400	±12,5	±18	±28,5	±44,5	±70	±115	+3 –22	+7 –29	+17 –40	–10 –46	0 –57	+11 –78	–26 –62	–16 –73	–5 –94	0 –140
400	500	±13,5	±20	±31,5	±48,5	±77,5	±125	+2 –25	+8 –32	+18 –45	–10 –50	0 –63	+11 –86	–27 –67	–17 –80	–6 –103	0 –155

(Tiếp theo bảng I

Kích thước danh nghĩa (mm)		P			R	S	T	U
Trên	Đến và bao gồm	6	7	9	7	7	7	8
–	3	−6 −12	−6 −16	−6 −31	−10 −20	−14 −24		−18 −32
3	6	−9 −17	−8 −20	−12 −42	−11 −23	−15 −27		−23 −41
6	10	−12 −21	−9 −24	−15 −51	−13 −28	−17 −32		−28 −50
10	18	−15 −26	−11 −29	−18 −61	−16 −34	−21 −39		−33 −60
18	24	−18 −31	−14 −35	−22 −74	−20 −41	−27 −48		−41 −74
24	30	−18 −31	−14 −35	−22 −74	−20 −41	−27 −48	−33 −54	−48 −81
30	40	−21 −37	−17 −42	−26 −88	−25 −50	−34 −59	−39 −64	−60 −99
40	50						−45 −70	−70 −109
50	65	−26 −45	−21 −51	−32 −106	−30 −60	−42 −72	−55 −85	−87 −133
65	80				−32 −62	−48 −78	−64 −94	−102 −148
80	100	−30 −52	−24 −59	−37 −124	−38 −73	−58 −93	−78 −113	−124 −178
100	120				−41 −76	−66 −101	−91 −126	−144 −198
120	140	−36 −61	−28 −68	−43 −143	−48 −88	−77 −117	−107 −147	−170 −233
140	160				−50 −90	−85 −125	−119 −159	−190 −253
160	180				−53 −93	−93 −133	−131 −171	−210 −273

(Tiếp theo bảng I)

Kích thước danh nghĩa (mm)		P			R	S	T	U
Trên	Đến và bao gồm	6	7	9	7	7	7	8
180	200	-41 -70	-33 -79	-50 -165	-60 -106	-105 -151	-149 -195	-236 -308
200	225				-63 -109	-113 -159	-163 -209	-258 -330
225	250				-67 -113	-123 -169	-179 -225	-284 -356
250	280	-47 -79	-36 -88	-56 -186	-74 -126	-138 -190	-198 -250	-315 -396
280	315				-78 -130	-150 -202	-220 -272	-350 -431
315	355	-51 -87	-41 -98	-62 -202	-87 -144	-169 -226	-247 -304	-390 -479
355	400				-93 -150	-187 -244	-273 -330	-435 -524
400	450	-55 -95	-45 -108	-68 -223	-103 -166	-209 -272	-307 -370	-490 -587
450	500				-109 -172	-229 -292	-337 -400	-540 -637

Bảng 2. **SAI LỆCH GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC TRỤC ĐỐI VỚI KÍCH THƯỚC ĐẾN 500 mm, TCVN 2245 – 99**

(theo µm)

Kích thước danh nghĩa (mm)		d					e			f				g			
Trên	Đến và bao gồm	7	8	9	10	11	7	8	9	6	7	8	9	4	5	6	7
–	3	–20 –30	–20 –34	–20 –45	–20 –60	–20 –80	–14 –24	–14 –28	–14 –39	–6 –12	–6 –16	–6 –20	–6 –31	–2 –5	–2 –6	–2 –8	–2 –12
3	6	–30 –42	–30 –48	–30 –60	–30 –78	–30 –105	–20 –32	–20 –38	–20 –50	–10 –18	–10 –22	–10 –28	–10 –40	–4 –8	–4 –9	–4 –12	–4 –16
6	10	–40 –55	–40 –62	–40 –76	–40 –98	–40 –130	–25 –40	–25 –47	–25 –61	–13 –22	–13 –28	–13 –35	–13 –49	–5 –9	–5 –11	–5 –14	–5 –20
10	18	–50 –68	–50 –77	–50 –93	–50 –120	–50 –160	–32 –50	–32 –59	–32 –75	–16 –27	–16 –34	–16 –43	–16 –59	–6 –11	–6 –14	–6 –17	–6 –24
18	30	–65 –86	–65 –98	–65 –117	–65 –149	–65 –195	–40 –61	–40 –73	–40 –92	–20 –33	–20 –41	–20 –53	–20 –72	–7 –13	–7 –16	–7 –20	–7 –28
30	50	–80 –105	–80 –119	–80 –142	–80 –180	–80 –240	–50 –75	–50 –89	–50 –112	–25 –41	–25 –50	–25 –64	–25 –87	–9 –16	–9 –20	–9 –25	–9 –34
50	80	–100 –130	–100 –146	–100 –174	–100 –220	–100 –290	–60 –90	–60 –106	–60 –134	–30 –49	–30 –60	–30 –76	–30 –104	–10 –18	–10 –23	–10 –29	–10 –40
80	120	–120 –155	–120 –174	–120 –207	–120 –260	–120 –340	–72 –107	–72 –126	–72 –159	–36 –58	–36 –71	–36 –90	–36 –123	–12 –22	–12 –27	–12 –34	–12 –47
120	180	–145 –185	–145 –208	–145 –245	–145 –305	–145 –395	–85 –125	–85 –148	–85 –185	–43 –68	–43 –83	–43 –106	–43 –143	–14 –26	–14 –32	–14 –39	–14 –54
180	250	–170 –216	–170 –242	–170 –285	–170 –355	–170 –460	–100 –146	–100 –172	–100 –215	–50 –79	–50 –96	–50 –122	–50 –165	–15 –29	–15 –35	–15 –44	–15 –61
250	315	–190 –242	–190 –271	–190 –320	–190 –400	–190 –510	–110 –162	–110 –191	–110 –240	–56 –88	–56 –108	–56 –137	–56 –186	–17 –33	–17 –40	–17 –49	–17 –69
315	400	–210 –267	–210 –299	–210 –350	–210 –440	–210 –570	–125 –182	–125 –214	–125 –265	–62 –98	–62 –119	–62 –151	–62 –202	–18 –36	–18 –43	–18 –54	–18 –75
400	500	–230 –293	–230 –327	–230 –385	–230 –480	–230 –630	–135 –198	–135 –232	–135 –290	–68 –108	–68 –131	–68 –165	–68 –223	–20 –40	–20 –47	–20 –60	–20 –83

(Tiếp theo bảng 2)

Kích thước danh nghĩa (mm)		p			r			s		
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	5	6	7	5	6	7
–	3	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+18 +14	+20 +14	+24 +14
3	6	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+20 +15	+23 +15	+27 +15	+24 +19	+27 +19	+31 +19
6	10	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+25 +19	+28 +19	+34 +19	+29 +23	+32 +23	+38 +23
10	18	+26 +18	+29 +18	+36 +18	+31 +23	+34 +23	+41 +23	+36 +28	+39 +28	+46 +28
18	30	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+37 +28	+41 +28	+49 +28	+44 +35	+48 +35	+56 +35
30	50	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+45 +34	+50 +34	+59 +34	+54 +43	+59 +43	+68 +43
50	65	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+66 +53	+72 +53	+83 +53
65	80				+56 +43	+62 +43	+73 +43	+72 +59	+78 +59	+89 +59
80	100	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+86 +71	+93 +71	+106 +71
100	120				+69 +54	+76 +54	+89 +54	+94 +79	+101 +79	+114 +79
120	140	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+110 +92	+117 +92	+132 +92
140	160				+83 +65	+90 +65	+105 +65	+118 +100	+125 +100	+140 +100
160	180				+86 +68	+93 +68	+108 +68	+126 +108	+133 +108	+148 +108
180	200	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+142 +122	+151 +122	+168 +122
200	225				+100 +80	+109 +80	+126 +80	+150 +130	+159 +130	+176 +130
225	250				+104 +84	+113 +84	+130 +84	+160 +140	+169 +140	+186 +140

(Tiếp theo bảng 2)

Kích thước danh nghĩa, mm		js				k				m				n			
Trên	Đến và bao gồm	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
–	3	±1,5	±2	±3	±5	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4
3	6	±2	±2,5	±4	±6	+5 +1	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+8 +4	+9 +4	+12 +4	16 +4	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8
6	10	±2	±3	±4,5	±7,5	+5 +1	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10
10	18	±2,5	±4	±5,5	±9	+6 +1	+9 +1	+12 +1	+19 +1	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12
18	30	±3	±4,5	±6,5	±10,5	+8 +2	+11 +2	+15 +2	+23 +2	+14 +8	−17 +8	+21 +8	+29 +8	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15
30	50	±3,5	±5,5	±8	±12,5	+9 +2	+13 +2	+18 +2	+27 +2	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17
50	80	±4	±6,5	±9,5	±15	+10 +2	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11	+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20
80	120	±6	±7,5	±11	±17,5	+13 +3	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23
120	180	±6	±9	±12,5	±20	+15 +3	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+27 +15	+33 +15	+40 +15	+55 +15	+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27
180	250	±7	±10	±14,5	±23	+18 +4	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31
250	315	±8	±11,5	±16	±26	+20 +4	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20	+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34
315	400	±9	±12,5	±18	±28,5	+22 +4	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37
400	500	±10	±13,5	±20	±31,5	+25 +5	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40

(Tiếp theo bảng 2)

Kích thước danh nghĩa (mm)		h																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14[1)]	15[1)]	16[1)]	17[1)]
Trên	Đến và bao gồm	Sai lệch																
		μm											mm					
-	3[1)]	0 −0,8	0 −1.2	0 −2	0 −3	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14	0 −25	0 −40	0 −60	0 0,1	0 −0,14	0 −0,25	0 −0,4	0 −0,6	0 −1,0
3	6	0 −1	0 −1,5	0 −2,5	0 −4	0 −5	0 −8	0 −12	0 −18	0 −30	0 −48	0 −75	0 0,12	0 −0,18	0 −0,3	0 −0,48	0 −0,75	0 −1,2
6	10	0 −1	0 −1,5	0 −2,5	0 −4	0 −6	0 −9	0 −15	0 −22	0 −36	0 −58	0 −90	0 0,15	0 −0,22	0 −0,36	0 −0,58	0 −0,9	0 −1,5
10	18	0 −1,2	0 −2	0 −3	0 −5	0 −8	0 −11	0 −18	0 −27	0 −43	0 −70	0 −110	0 0,18	0 −0,27	0 −0,43	0 −0,7	0 −1,1	0 −1,8
18	30	0 −1,5	0 −2,5	0 −4	0 −6	0 −9	0 −13	0 −21	0 −33	0 −52	0 −84	0 −130	0 0,21	0 −0,33	0 −0,52	0 −0,84	0 −1,3	0 −2,1
30	50	0 −1,5	0 −2,5	0 −4	0 −7	0 −11	0 −16	0 −25	0 −39	0 −62	0 −100	0 −160	0 0,25	0 −0,39	0 −0,62	0 −1	0 −1,6	0 −2,5
50	80	0 −2	0 −3	0 −5	0 −8	0 −13	0 −19	0 −30	0 −46	0 −74	0 −120	0 −190	0 0,3	0 −0,46	0 −0,74	0 −1,2	0 −1,9	0 −3
80	120	0 −2,5	0 −4,	0 −6	0 −10	0 −15	0 −22	0 −35	0 −54	0 −87	0 −140	0 −220	0 0,35	0 −0,54	0 −0,87	0 −1,4	0 −2,2	0 −3,5
120	280	0 −3,5	0 −5	0 −8	0 −12	0 −18	0 −25	0 −40	0 −63	0 −100	0 −160	0 −250	0 0,40	0 −0,63	0 −1	0 −1,6	0 −2,5	0 −4
280	250	0 −4,5	0 −7	0 −10	0 −14	0 −20	0 −29	0 −46	0 −72	0 −115	0 −185	0 −290	0 0.46	0 −0,72	0 −1,15	0 −1,85	0 −2,9	0 −4,6
250	315	0 −6	0 −8	0 −12	0 −16	0 −23	0 −32	0 −52	0 −81	0 −130	0 −210	0 −320	0 −0,52	0 −0,81	0 −1,3	0 −2,1	0 −3,2	0 −5,2
315	400	0 −7	0 −9	0 −13	0 −18	0 −25	0 −36	0 −57	0 −89	0 −140	0 −230	0 −360	0 −0,57	0 −0,89	0 −1,4	0 −2,3	0 −3,6	0 −5,7
400	500	0 −8	0 −10	0 −15	0 −20	0 −27	0 −40	0 −63	0 −97	0 −155	0 −250	0 −400	0 −0,63	0 −097	0 −1,55	0 −2,5	0 −4	0 −6,3

1) IT14 + IT18 không dùng cho các kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 1mm

(Tiếp theo bảng 2)

Kích thước danh nghĩa (mm)		p			r			s		
Trên	Đến và bao gồm	5	6	7	5	6	7	5	6	7
250	280	+79 +56	+88 +56	+108 +56	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+181 +158	+190 +158	+210 +158
280	315				+121 +98	+130 +98	+150 +98	+193 +170	+202 +170	+222 +170
315	355	+87 +62	+98 +62	+119 +62	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+215 +190	+226 +190	+247 +190
355	400				+139 +114	+150 +114	+171 +114	+233 +208	+244 +208	+265 +208
400	450	+95 +68	+108 +68	+131 +68	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+259 +232	+272 +232	+295 +232
450	500				+159 +132	+172 +132	+195 +132	+279 +252	+292 +252	+315 +252

Bảng 3. ĐỘ HỞ GIỚI HẠN CỦA CÁC LẮP GHÉP LỎNG CÓ KÍCH THƯỚC TỪ 1 ĐẾN 500mm (TCVN 2244-99 VÀ TCVN 2245-99)

Kích thước danh nghĩa, mm	Lắp ghép trong hệ lỗ cơ bản																
	H7/e7	–	H7/e8	H7/f7	–	–	H7/g6	H7/h6	H8/d8	H8/d9	H8/e8	H8/e9	H8/f7	H8/f9	H8/h7	H8/h8	H9/d9
	Lắp ghép trong hệ trục cơ bản																
	–	E8/h6	E8/h7	F7/h7	F7/h6	F8/h6	G7/h6	H7/h6	D8/h8	D9/h8	E8/h8	E9/h8	F8/h7	F9/h8	H8/h7	H8/h8	D9/h9
	Độ hở giới hạn $\frac{S_{max}}{S_{min}}$, µm																
Lớn hơn 6 đến 10	55 25	56 25	62 25	43 13	37 13	44 13	29 5	24 0	84 40	98 40	69 25	83 25	50 13	71 13	37 0	44 0	112 40
Lớn hơn 10 đến 18	68 32	70 32	77 32	52 16	45 16	54 16	35 16	29 0	104 50	120 50	86 32	102 32	61 16	86 16	45 0	54 0	136 50
Lớn hơn 18 đến 30	82 40	86 40	94 40	62 20	54 20	66 20	41 7	34 0	131 65	150 65	106 40	125 40	74 20	105 20	54 0	66 0	169 65
Lớn hơn 30 đến 50	100 50	105 50	114 50	75 25	66 25	80 25	50 9	41 0	158 80	181 80	128 50	151 50	89 25	126 25	64 0	78 0	204 80
Lớn hơn 50 đến 80	120 60	125 60	136 60	90 30	79 30	95 30	59 10	49 0	192 100	220 100	152 60	180 60	106 30	150 30	76 0	92 0	248 100
Lớn hơn 80 đến 120	142 72	148 72	161 72	106 36	93 36	112 36	69 12	57 0	228 120	261 120	180 72	213 72	125 36	177 36	89 0	108 0	294 120
Lớn hơn 120 đến 180	165 85	173 85	188 85	123 43	108 43	131 43	79 14	65 0	271 145	308 145	211 85	248 85	146 43	206 43	103 0	126 0	345 145
Lớn hơn 180 đến 250	192 100	201 100	218 100	142 50	125 50	151 50	90 15	75 0	314 170	357 170	244 100	287 100	168 50	237 50	118 0	144 0	400 170

Bảng 4. **ĐỘ DÔI GIỚI HẠN CỦA CÁC LẮP GHÉP CHẶT CÓ KÍCH THƯỚC TỪ 1 ĐẾN 500 mm (TCVN 2244 – 99 VÀ TCVN 2245 – 99)**

Kích thước danh nghĩa mm	Lắp ghép trong hệ lỗ cơ bản							
	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$
	Lắp ghép trong hệ trục cơ bản							
	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{P6}{h5}$	–	–	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	–
	Độ dôi giới hạn $\frac{N_{max}}{N_{min}}$, µm							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lớn hơn 6 đến 10	14 4	21 6	25 10	29 14	24 0	28 4	32 8	38 8
Lớn hơn 10 đến 18	17 4	26 7	31 12	36 17	29 0	34 5	39 10	46 10
Lớn hơn 18 đến 30	21 6	31 9	37 15	44 22	35 1	41 7	48 14	56 14
Lớn hơn 30 đến 50	24 6	37 10	45 18	54 27	42 1	50 9	58 18	68 18
Lớn hơn 50 đến 65	28 7	45 13	54 22	66 34	51 2	60 11	72 23	83 23
Lớn hơn 65 đến 80	28 7	45 13	56 24	72 40	51 2	62 13	78 29	89 29
Lớn hơn 80 đến 100	33 8	52 15	66 29	86 49	59 2	73 16	93 36	106 36
Lớn hơn 100 đến 120	33 8	52 15	69 32	94 57	59 2	76 19	101 44	114 44
Lớn hơn 120 đến 140	39 9	61 18	81 38	110 67	68 3	88 23	117 52	132 52
Lớn hơn 140 đến 160	39 9	61 18	83 40	118 75	68 3	90 25	125 60	140 60
Lớn hơn 160 đến 180	39 9	61 18	86 43	126 83	68 3	93 28	133 68	148 68
Lớn hơn 180 đến 200	45 11	70 21	97 48	142 93	79 4	106 31	151 76	168 76
Lớn hơn 200 đến 225	45 11	70 21	100 51	150 101	79 4	109 34	159 84	176 84
Lớn hơn 225 đến 250	45 11	70 21	104 55	160 111	79 4	113 38	169 94	186 94

Bảng 5. ĐỘ DÔI GIỚI HẠN CỦA CÁC LẮP GHÉP TRUNG GIAN CÓ KÍCH THƯỚC TỪ 1 ĐẾN 500mm (TCVN 2244-99 VÀ TCVN 2245-99)

Kích thước danh nghĩa, mm	Lắp ghép trong hệ lỗ cơ bản															
	H5/k4	H5/m4	H6/j_s5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H7/j_s6	–	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H8/j_s7	–	H8/k7	H8/m7	H8/n7
	Lắp ghép trong hệ trục cơ bản															
	K5/h4	M5/h4	–	K6/h5	M6/h5	N6/h5	–	J_s7/h6	K7/h6	M7/h6	N7/h6	–	J_s8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7
	Độ dôi giới hạn $\frac{N_{max}}{N_{min}}$, μm															
Lớn hơn 6 đến 10	5 -5	10 0	3 -12	7 -8	12 -3	16 1	4,5 -19,5	7 -16	10 -14	15 -9	19 -5	7 -29	11 -26	16 -21	21 -16	25 -12
Lớn hơn 10 đến 18	6 -7	12 -1	4 -15	9 -10	15 -4	20 1	5,5 -23,5	9 -20	12 -17	18 -11	23 -6	9 -36	13 -31	19 -26	25 -20	30 -15
Lớn hơn 18 đến 30	8 -7	14 -1	4,5 -17,5	11 -11	17 -5	24 2	6,5 -27,5	10 -23	15 -19	21 -13	28 -6	10 -43	16 -37	23 -31	29 -25	36 -18
Lớn hơn 30 đến 50	9 -9	16 -2	5,5 -21,5	13 -14	20 -7	28 1	8 -33	12 -28	18 -23	25 -16	33 -8	12 -51	19 -44	27 -37	34 -30	42 -22
Lớn hơn 50 đến 80	10 -11	19 -2	6,5 -25,5	15 -17	24 -8	33 1	9,5 -39,5	15 -34	21 -28	30 -19	39 -10	15 -61	23 -53	32 -44	41 -35	50 -26
Lớn hơn 80 đến 120	13 -12	23 -2	7,5 -29,5	18 -19	28 -9	38 1	11 -46	17 -39	25 -32	35 -22	45 -12	17 -71	27 -62	38 -51	48 -41	58 -31
Lớn hơn 120 đến 180	15 -15	27 -3	-34	21 -22	33 -10	45 2	12,5 -52,5	20 -45	28 -37	40 -25	52 -13	20 -83	31 -71	43 -60	55 -48	67 -36
Lớn hơn 180 đến 250	18 -16	31 -3	10 -39	24 -25	37 -12	51 2	14,5 -60,5	23 -52	33 -42	46 -29	60 -15	23 -95	36 -82	50 -68	63 -55	77 -41

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hà Đăng Trung, Nguyễn Quân - ***Kỹ thuật điều hoà không khí*** - NXB KHKT, 1996.
2. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy - ***Kỹ thuật lạnh ứng dụng*** - NXB Giáo dục, 1995.
3. Hồ Đắc Thọ, Đặng Vĩnh Long, Ninh Đức Tốn - ***Giáo trình Dung sai và Đo lường*** - Trường Đại học Bách khoa.
4. Bùi Hải, Hà Mạnh Thư, Vũ Xuân Hùng - ***Kỹ thuật điều hoà không khí*** - NXB KHKT, 1999.
5. ***Giáo trình Đo lường nhiệt*** - Đại học Bách khoa.
6. Nguyễn Đức Lợi - ***Sửa chữa máy lạnh và điều hoà không khí*** - NXB KHKT.
7. Hoàng Hữu Thuận - ***Giáo trình kỹ thuật điện đại cương*** - NXBĐH và GDCN.
8. ***Đo lường các đại lượng điện và không điện*** - NXBGD.

MỤC LỤC

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỐNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916 - FAX: (04) 9289143

GIÁO TRÌNH

ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT LẠNH

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN KHẮC OÁNH
Biên tập
PHẠM QUỐC TUẤN
Bìa
TRẦN QUANG
Vi tính
PHẠM BẰNG VIỆT
Sửa bản in
PHẠM QUỐC TUẤN

In 800 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội - Công ty Sách Hà Nội. 67 Phó Đức Chính - Ba Đình - Hà Nội. Quyết định xuất bản: 160-2007/CXB/472GT-27/HN, số: 313/CXB ngày 02/3/2007. Số in: 418/3. In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2007.

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2007
KHỐI TRƯỜNG TRUNG HỌC ĐIỆN TỬ - ĐIỆN LẠNH

1. LÝ THUYẾT MẠNG MÁY TÍNH
2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG LẠNH
3. THỰC HÀNH LẮP RÁP, CÀI ĐẶT VÀ BẢO TRÌ HỆ THỐNG MÁY TÍNH
4. THỰC HÀNH SỬA CHỮA MÁY LẠNH
5. BÁO HIỆU VÀ ĐỒNG BỘ TRONG MẠNG VIỄN THÔNG
6. TỔ CHỨC MẠNG VÀ DỊCH VỤ VIỄN THÔNG
7. THIẾT BỊ ĐẦU CUỐI
8. KỸ THUẬT NHIỆT
9. KỸ THUẬT MÀN HÌNH MÁY TÍNH
10. ĐO LƯỜNG KỸ THUẬT LẠNH
11. THỰC HÀNH KỸ THUẬT SỐ
12. THỰC HÀNH ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
13. KIẾN TRÚC MÁY TÍNH
14. LÝ THUYẾT BẢO TRÌ HỆ THỐNG MÁY TÍNH
15. KỸ THUẬT VI XỬ LÝ
16. KỸ THUẬT SỐ VÀ MẠCH LOGÍC
17. KỸ THUẬT THÔNG TIN QUANG
18. THỰC HÀNH LUNUX
19. THỰC HÀNH MẠNG
20. KỸ THUẬT ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ
21. THỰC HÀNH GIA CÔNG LẮP ĐẶT ĐƯỜNG ỐNG
22. MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH
23. THỰC HÀNH SỬA CHỮA MÀN HÌNH MÁY TÍNH
24. THỰC HÀNH VIỄN THÔNG CHUYÊN NGÀNH





Giá: 20.500đ